

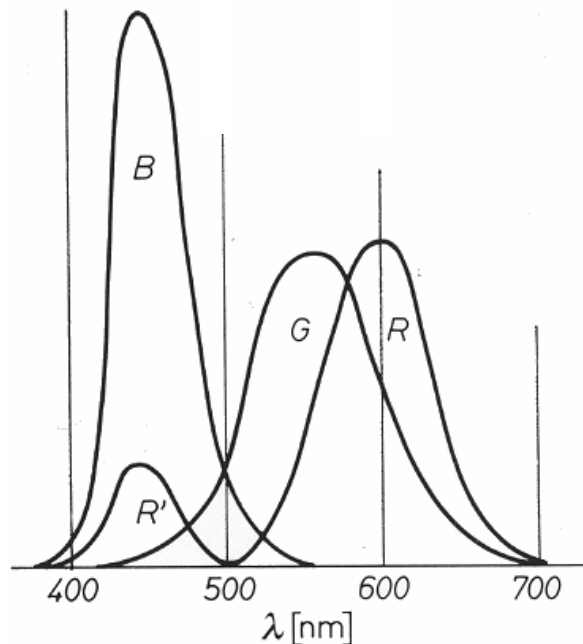


3.8 Farbbildverarbeitung

3.8.1 Farbeindruck

Farbe ist ausschließlich eine Sinnesempfindung und keine physikalische Größe.

Beim Mensch wird die Farbe eines Objektes anhand 3 verschiedener Farbrezeptoren aufgenommen, deren Empfindlichkeitsmaximum bei blau, grün und rot liegt.



aus: Physik, Gerthsen-Kneser-Vogel, Springer Verlag

Alle für den Menschen sichtbaren Farben entstehen dadurch, dass die Rezeptoren in einem bestimmten Verhältnis zueinander angeregt werden.

Trotz unterschiedlicher Gesamterregung $R+G+B$ ist der **Farbeindruck** dann der gleiche, wenn das **Verhältnis der Einzel-erregungen** zueinander gleich ist.



r, g und b sind die **relativen Erregungen** (*trichromatische Koeffizienten*):

$$r = \frac{R}{R + G + B}$$

$$g = \frac{G}{R + G + B}$$

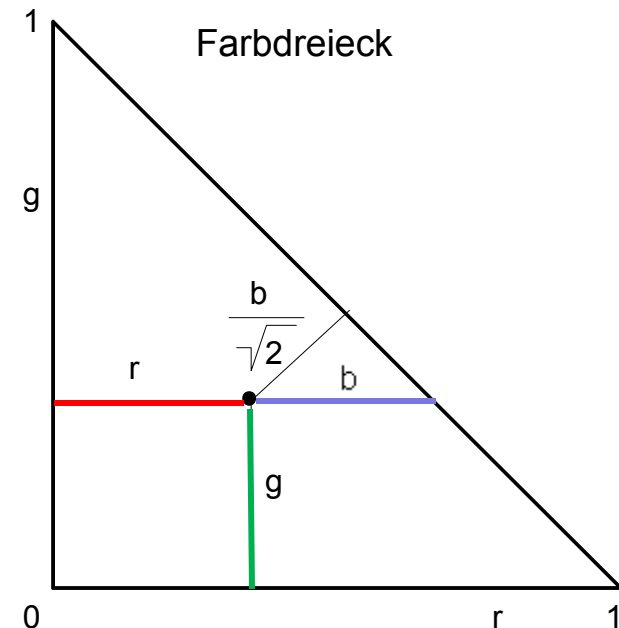
$$b = \frac{B}{R + G + B}$$

Daraus folgt :

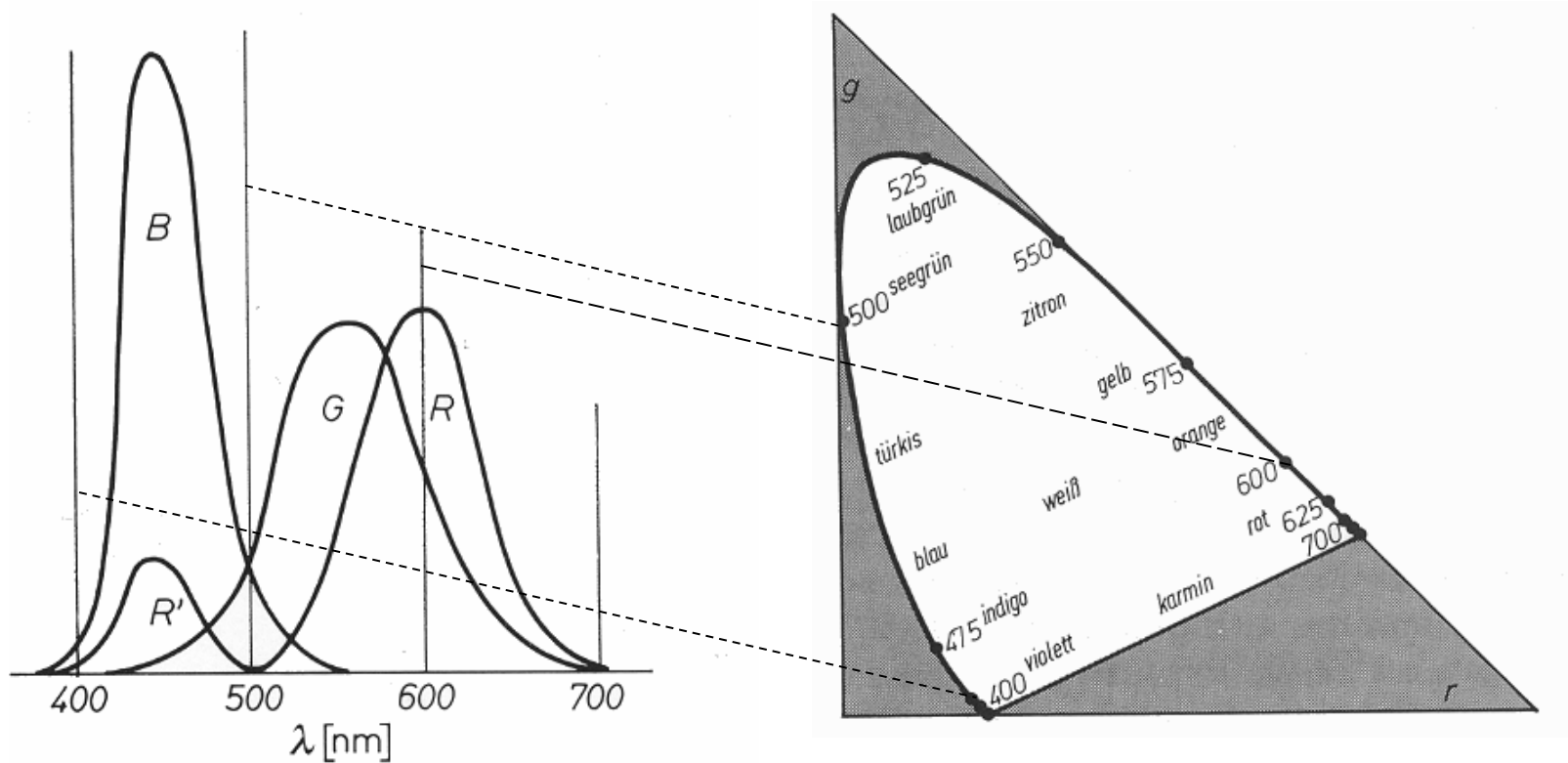
$$r + g + b = 1$$

Aufgrund dieser Beziehung reicht die Angabe zweier Anteile, meist r und g, um den Farbeindruck zu klassifizieren. Der Farbeindruck lässt sich daher als Ort in nebenstehendem Diagramm angeben.

Im Fall $r=g=b=1/3$ ist der Eindruck farbneutral.



Zusammenhang zwischen Farbeindruck und Rezeptoranregung





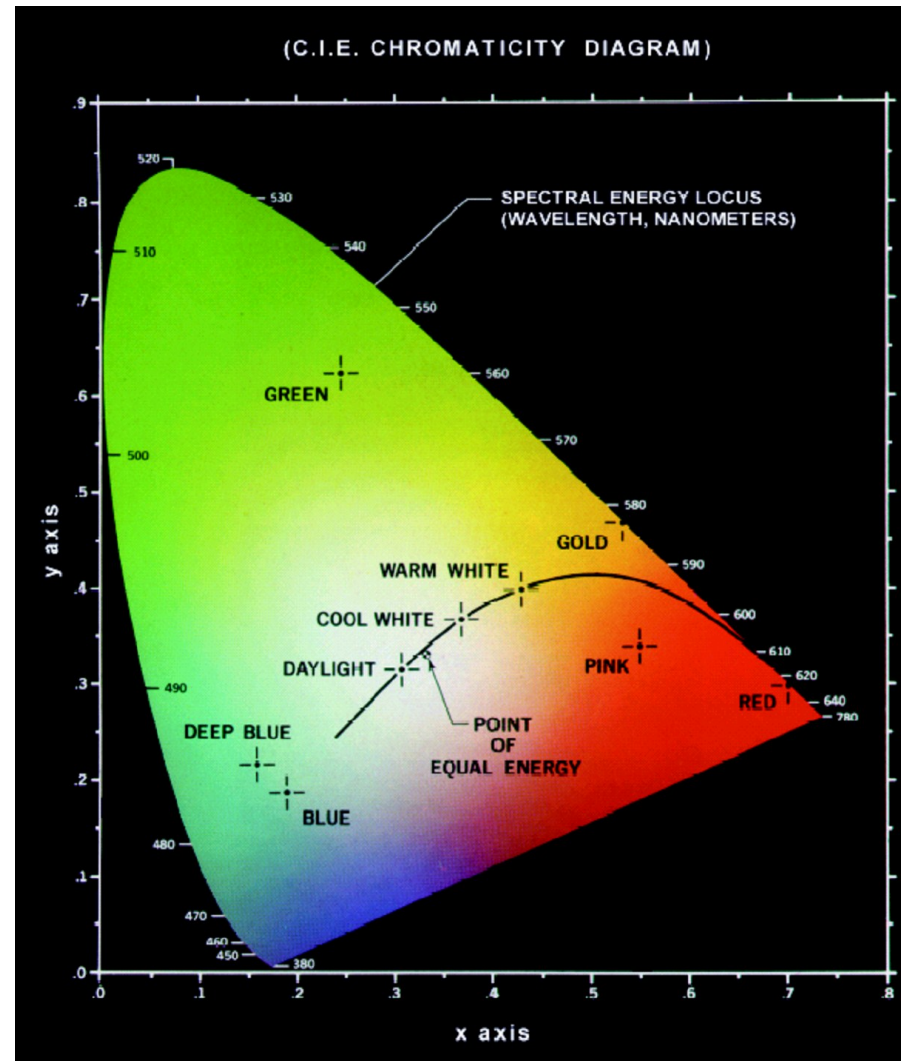
Was sieht ein Mensch vom Farbdreieck ?

Da aufgrund der Empfindlichkeitskurven der Rezeptoren immer mehrere Rezeptorarten angeregt sind, kann es keine reinen Farben (z.B. $r=1$) geben.

Sogar reine Spektralfarben, die ja monochromatisch sind, regen immer mehrere Rezeptorarten an.

Für das menschliche Auge ist daher der farbige Bereich in der nebenstehenden Farbtafel sichtbar.

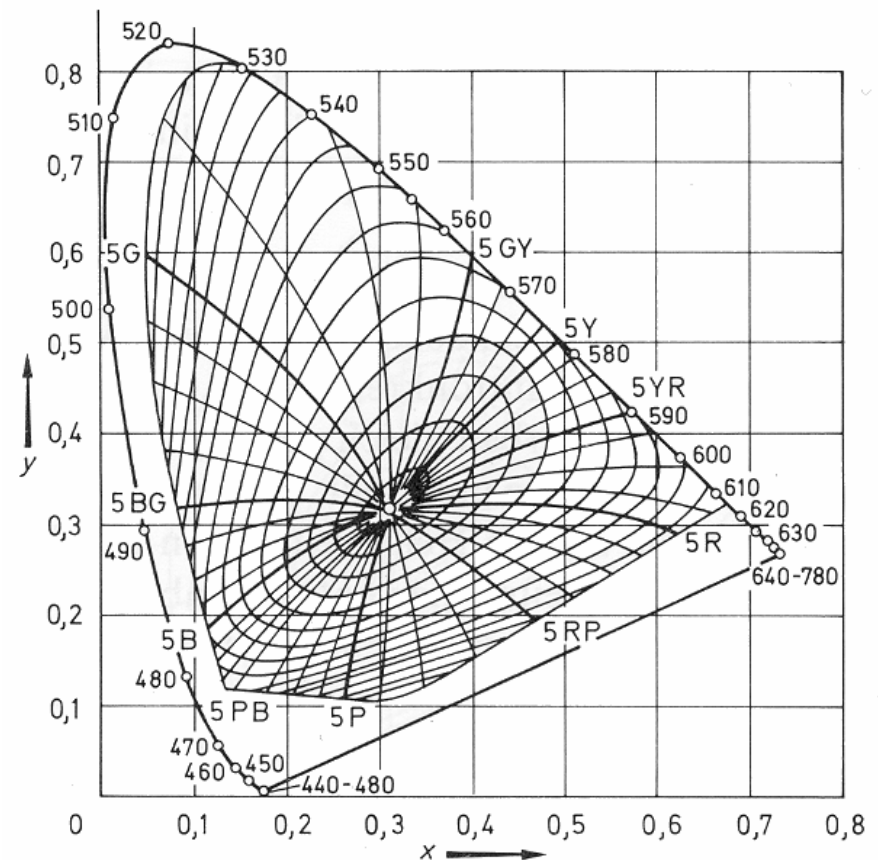
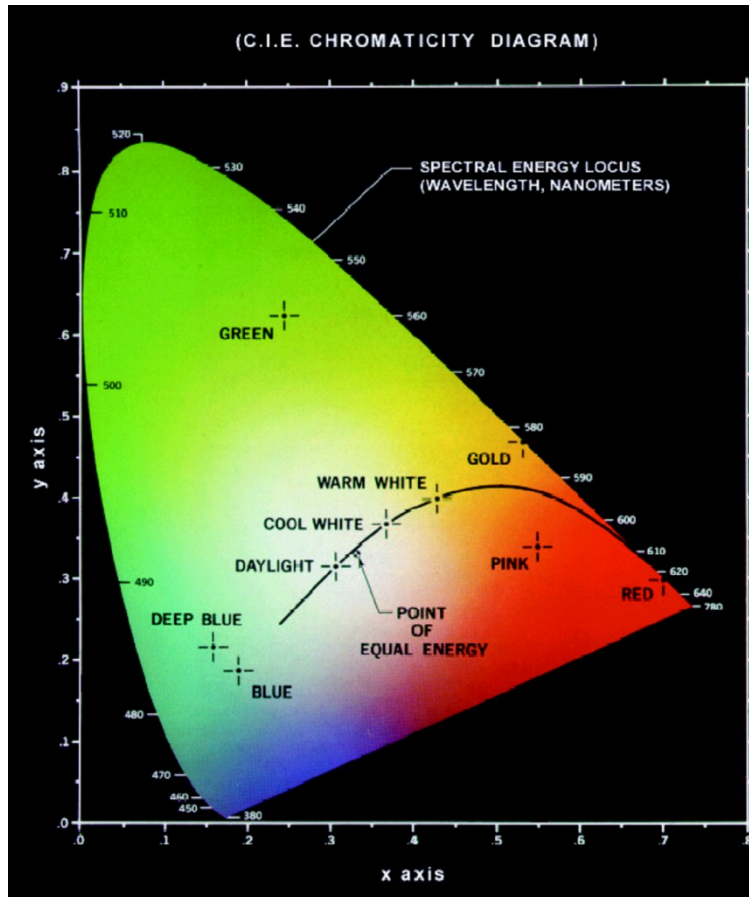
Auf der Umrandungskurve befinden sich die monochromatischen Farben (Spektralfarben).





Farbton und Farbsättigung

Es fällt auf, dass die Farben nach außen hin satter erscheinen. Man kann die Farben im Farbdigramm daher nach **Farbton** (engl.: Hue) und **Farbsättigung** (engl.: Saturation) klassifizieren.





3.8.2 Farbmodelle

3.8.2.1 Zweck

Frage: Wie beschreibe ich eine Farbe in einer standardisierten Form?

→ geeignetes Farbmodell wählen

Als zweckmäßig hat sich erwiesen, einen Farbeindruck durch einen Punkt in einem geeignet gewählten Koordinatensystem zu beschreiben (also als Farbvektor).

Beispiele hierfür sind solche, bei denen das Koordinatensystem durch

- die Rezeptorfarben *R*, *G* und *B* oder auch durch
- den *Farbton*, die *Farbsättigung* und die *Intensität*

aufgespannt wird.

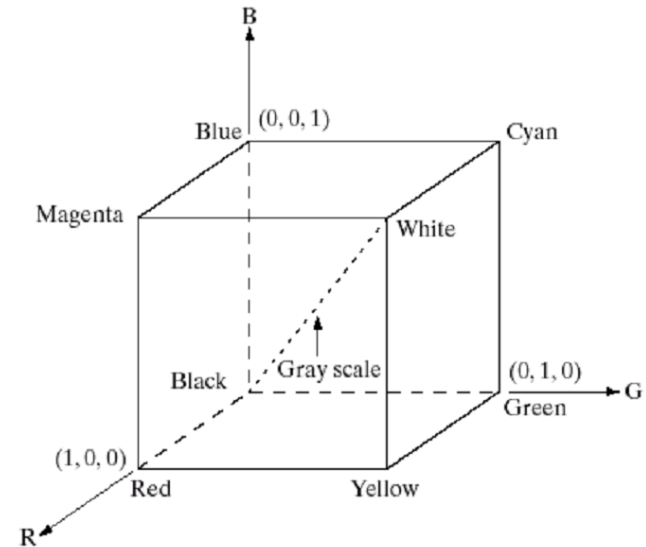
Die Wahl des geeigneten Farbmodells hängt vom jeweiligen Einsatzzweck ab.

3.8.2.2 RGB-Farbmodell

Das RGB-Farbmodell beschreibt einen Farbeindruck durch die Komponenten R, G und B der Mischfarbe.

Das entsprechende Koordinatensystem mit normalisierten Farbkomponenten (0...1) ist nebenstehend gezeigt.

Datentechnisch werden die einzelnen Farbanteile oft in jeweils 8 bit codiert. Man erhält so ein 24-bit-Farbbild (*full-color-image*).

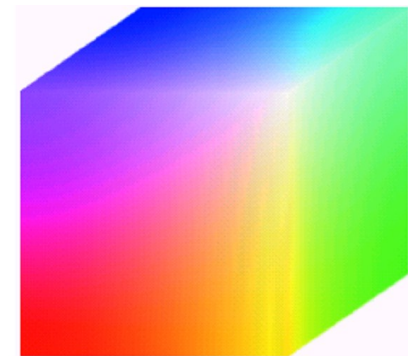


Einsatzgebiet:

Dort wo die Farbe als Ergebnis einer **additiven Farbmischung** aus R-,G- und B-Anteilen entsteht.

Beispiele:

Elektronische Kameras, Monitore, Farbprojektoren.



3.8.2.3 CMY-Farbmodell

Dort wo Druckfarben zu Einsatz kommen, bestimmen die Farbreflexionseigenschaften der eingesetzten Farbpigmente den Farbeindruck.

Die Farbe entsteht also dadurch, dass aus dem einfallenden Licht Farbanteile ausgefiltert werden.

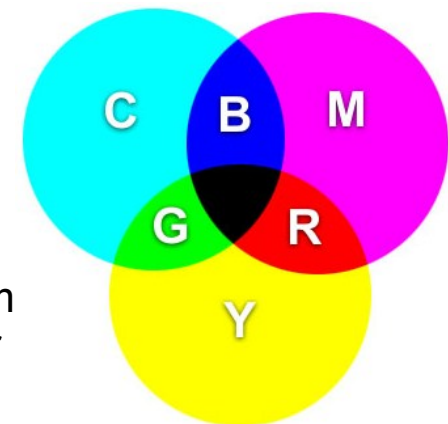
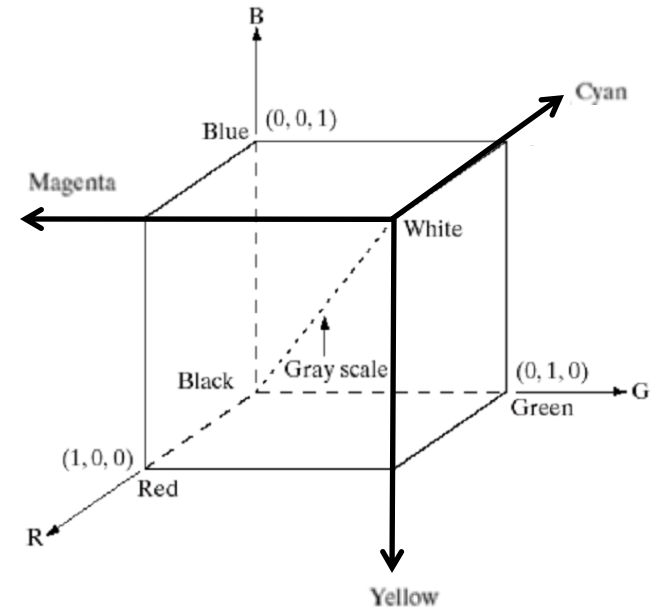
Die im Druckbereich eingesetzten Farben ergeben sich durch **Subtraktion** von Rot, Grün und Blau aus weissem Licht. Hierdurch erhält man die Farben **Cyan**, **Magenta** und **Gelb**.

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Beispiel:

Eine Druckfarbe Cyan entfernt den Rotanteil aus dem Licht.

Theoretisch entsteht durch Ausfiltern von R, G und B aus dem einfallenden Licht "Schwarz". Praktisch entsteht ein besserer Bildeindruck durch explizites Hinzumischen von Schwarz (→ CMYK = Vierfarbdruck).



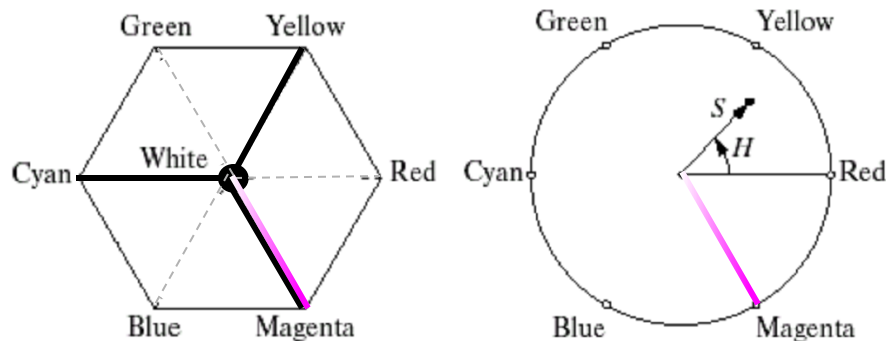
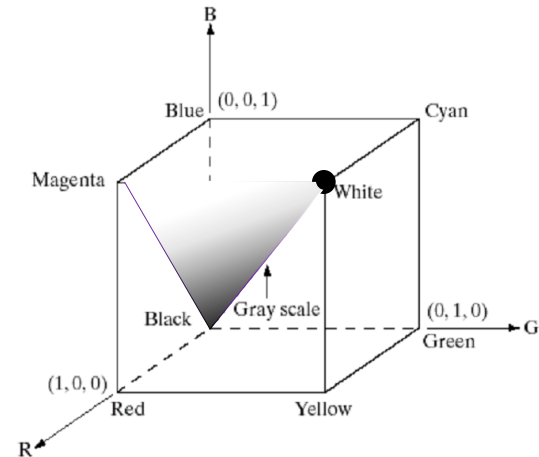


3.8.2.4 HSI-Farbmodell

Für die Interpretation von Farbbildern ist es günstige Farb- und Intensitätsinformation zu trennen.

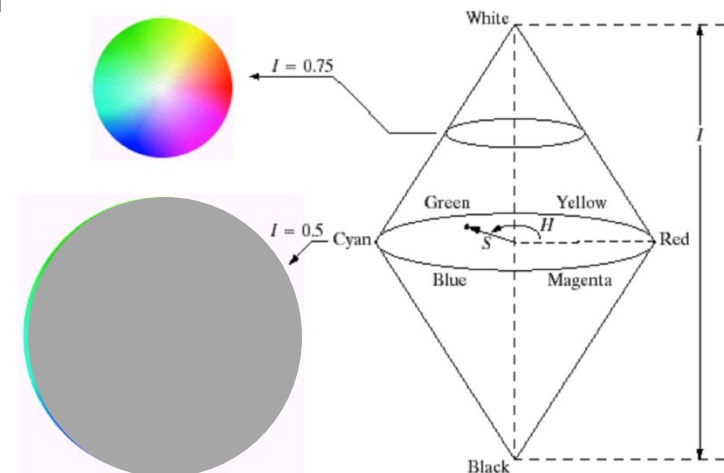
Dies führt auf ein Farbmodell, bei dem das Koordinatensystem durch *Farbton* (engl.: **Hue**), *Farbsättigung* (engl.: **Saturation**) und *Intensität* (engl.: **Intensity**) aufgespannt wird.

Den Zusammenhang des HSI-Modells mit dem RGB-Modell veranschaulichen die Bilder.



Blick auf die weisse Ecke des RGB-Quaders

H- und S-Anteil im Farbkreis



Der I-Anteil entspricht dann der Position der Schnittebene zwischen der schwarzen und weissen Farbwürfecke.



Umrechnung von RGB → HSI

RGB- und HSI-Modell können ineinander umgerechnet werden.
Es gilt (o.Bew.):

$$H = \begin{cases} \theta & \text{wenn } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{wenn } B > G \end{cases}$$

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{0.5[(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right\}$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)]$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

Anm.: RGB-Werte auf 0..1 normiert
H kann auf 0..1 normiert werden (div. durch 360°)



Umrechnung von HSI → RGB

Bei dieser Umrechnung sind die Gleichungen vom H-Anteil abhängig.
Es gilt (o.Bew.):

H = 0°..120°:

$$R = I \left[1 + \frac{S \cdot \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = I(1 - S)$$

$$G = 1 - (R + B)$$

H = 120°..240°:

$$H = H - 120^\circ$$

$$G = I \left[1 + \frac{S \cdot \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$R = I(1 - S)$$

$$B = 1 - (R + G)$$

H = 240°..360°:

$$H = H - 240^\circ$$

$$B = I \left[1 + \frac{S \cdot \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

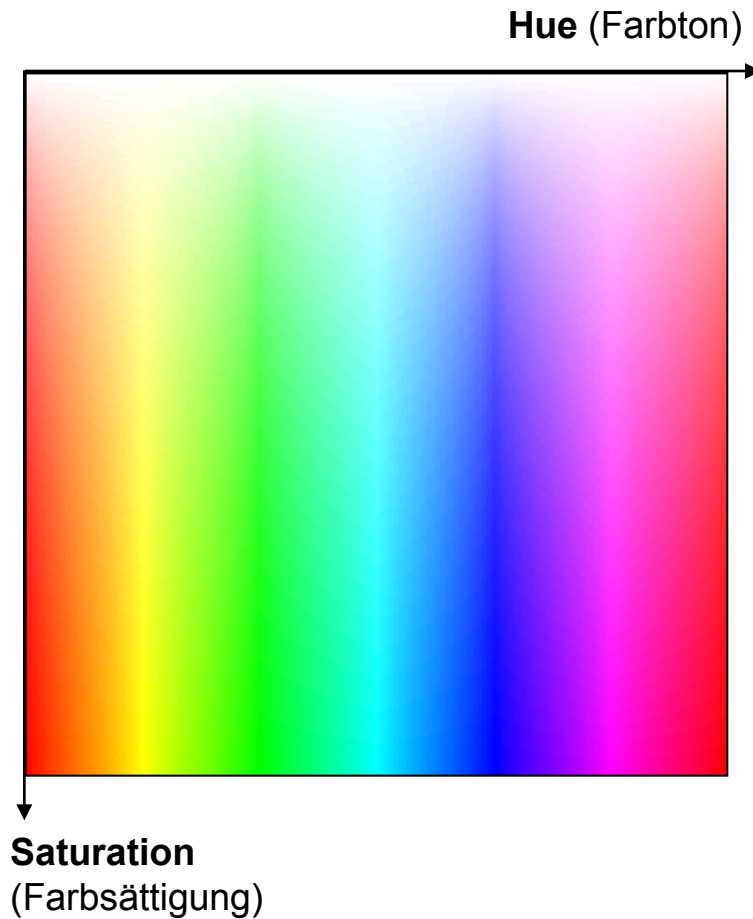
$$G = I(1 - S)$$

$$R = 1 - (B + G)$$

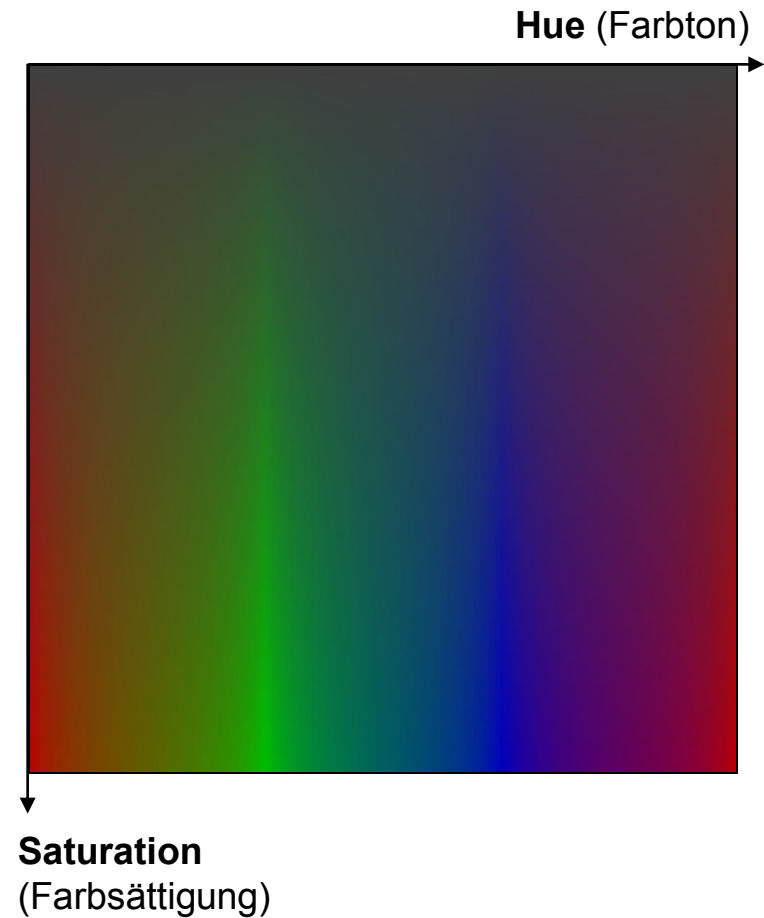


Beispiel: Hue-/Saturation-Diagramm bei verschiedenen Intensitäten

Intensity = ,hoch‘



Intensity = ,gering‘

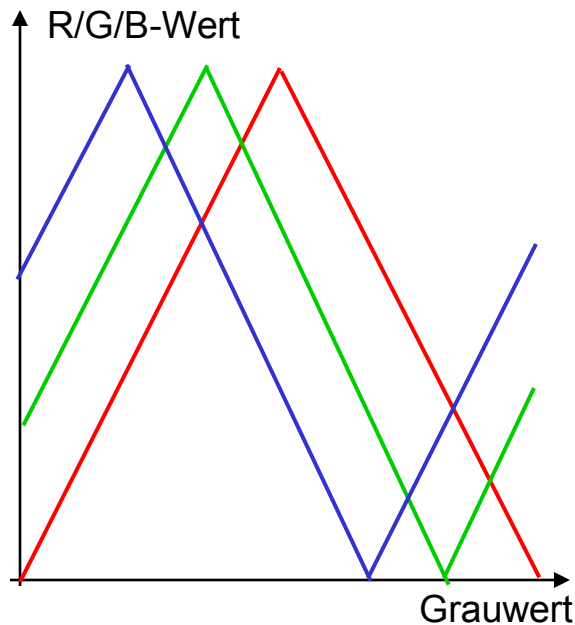


3.8.3 Anwendungen

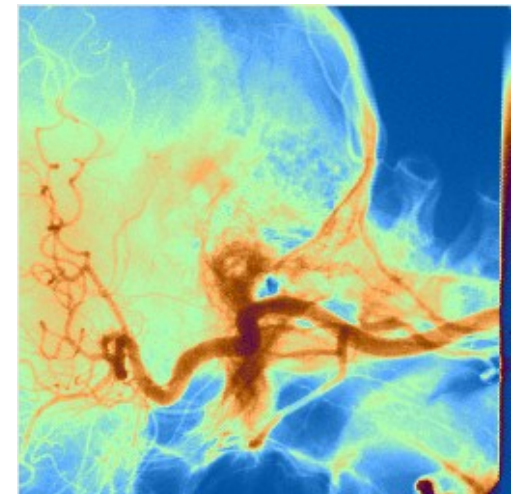
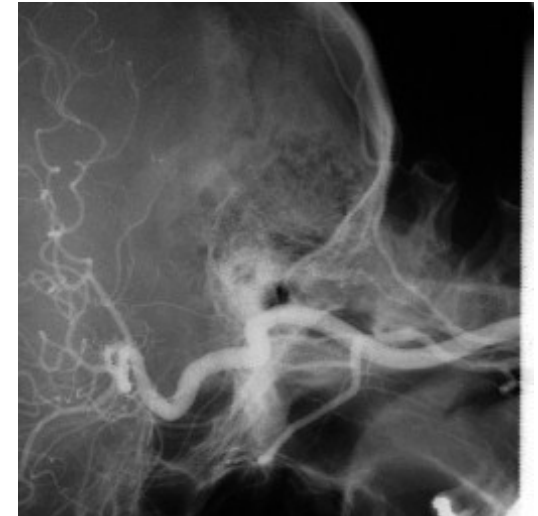
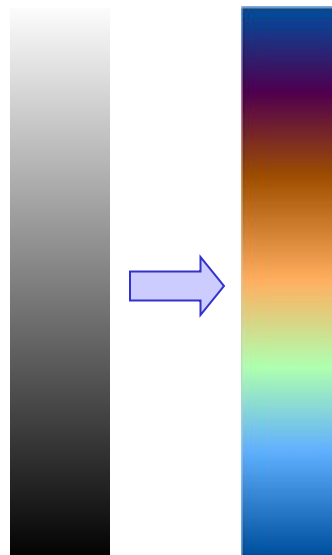
3.8.3.1 Falschfarbendarstellung von Grauwertbildern

Bei der Falschfarbendarstellung werden Grauwertbilder als Farbbilder dargestellt, indem jedem Grauwert ein Farbwert (z.B. RGB-Wert) zugewiesen wird.

Zweck: Hervorhebung von Bilddetails



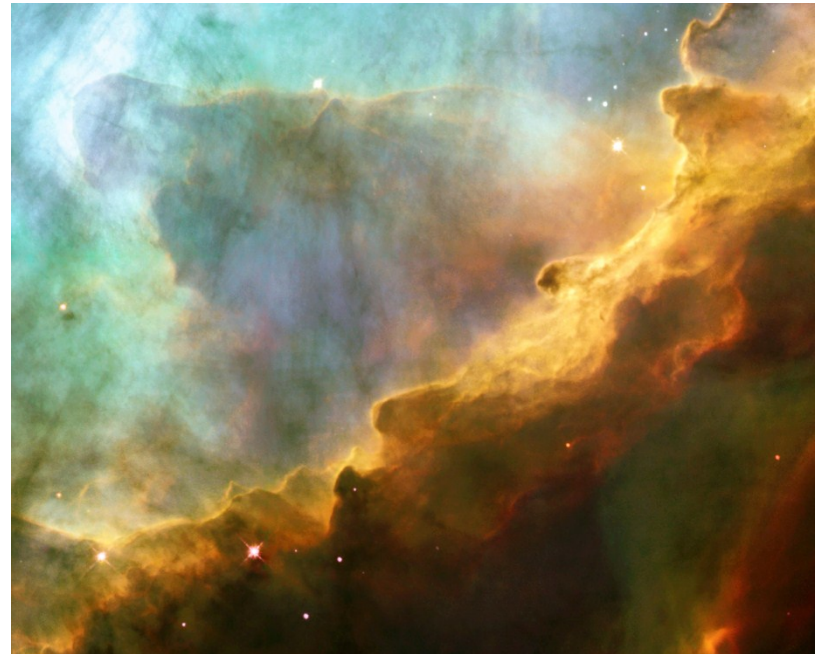
R/G/B-Werte als Funktion des Grauwertes





3.8.3.2 Multispektralbilder

Oftmals liegen mehrere Grauwertbilder des gleichen Bildausschnittes vor, die jedoch in unterschiedlichen Spektralbereichen aufgenommen wurden. Durch Kombination dieser Bilder zu einem Farbbild lassen sich oft sehr detailreiche, aussagekräftige Bilder erzeugen.



Anwendungsgebiete:

- Satellitenbildauswertung: Kombination verschiedener Farb- u. IR-Bilder
- Astronomie: Kombination von optischen, radioteleskopischen und im Röntgenbereich aufgenommenen Bilddaten

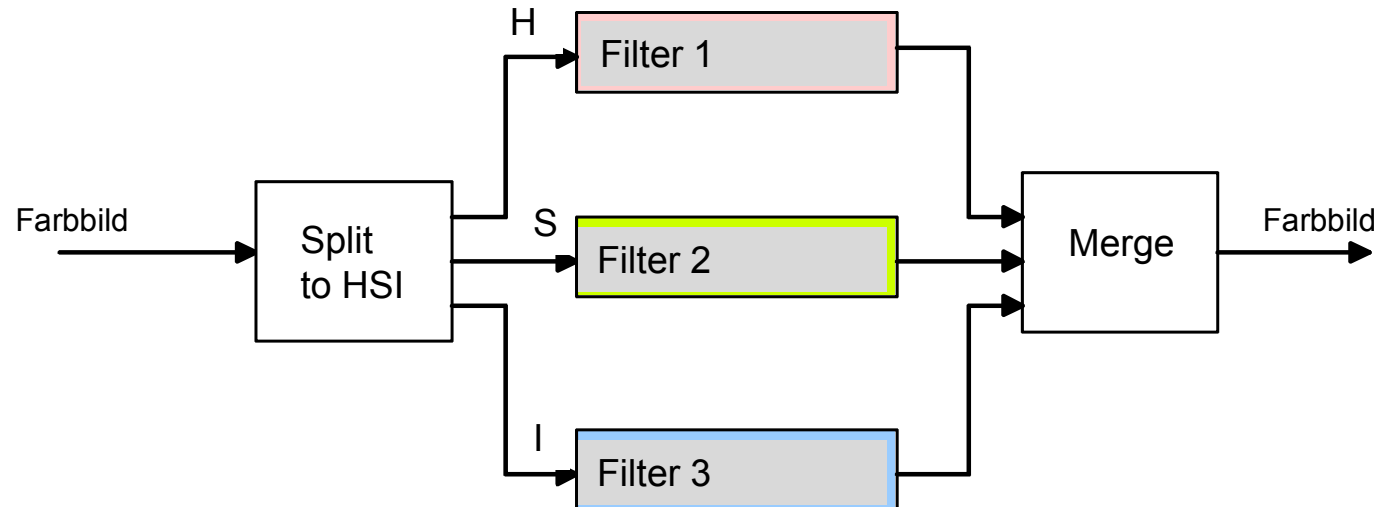


3.8.3.3 Filterung von Farbbildern

Auf Farbbilder können Filteroperatoren, wie z.B.

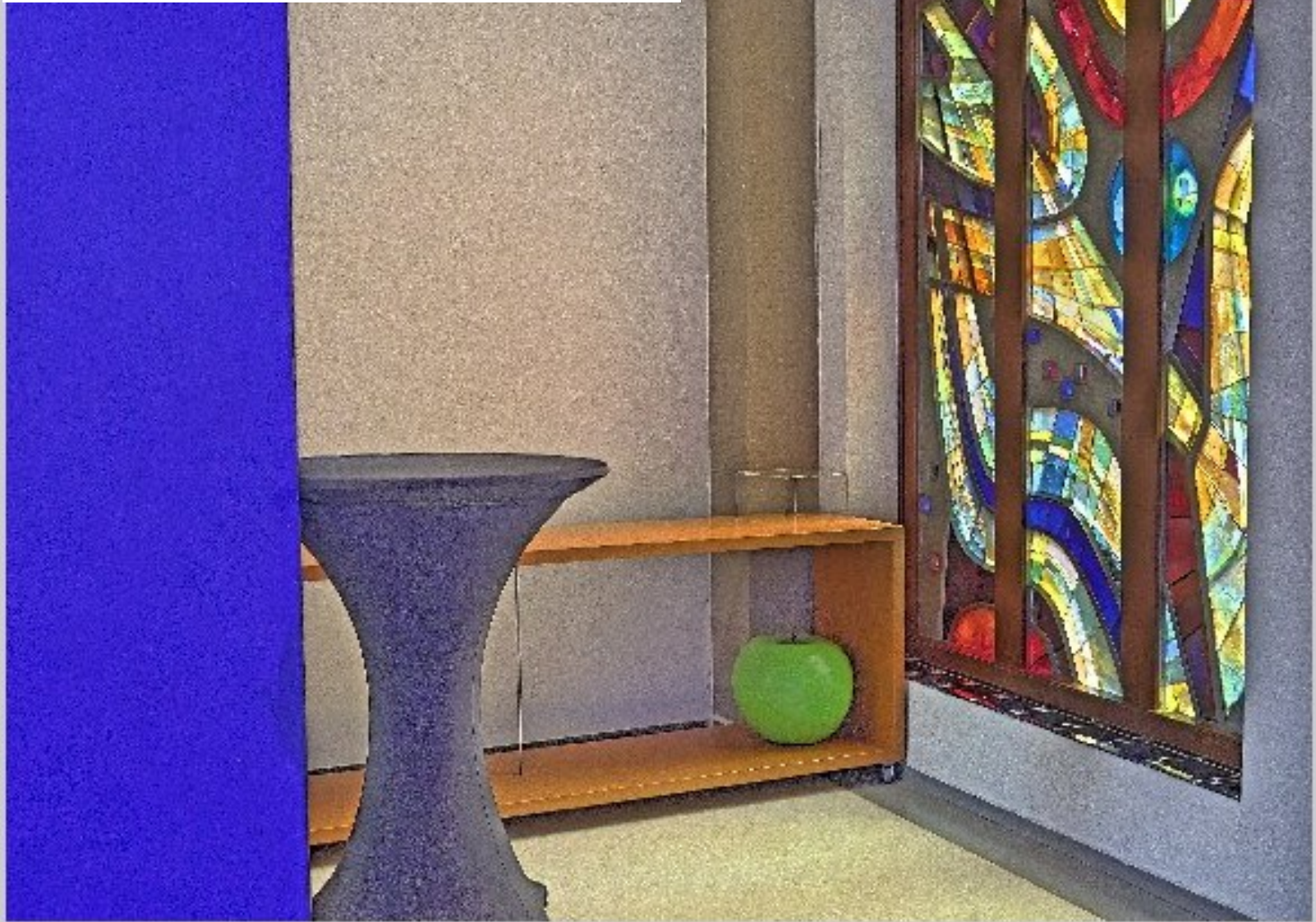
- Tiefpass, Hochpass, Bandpass, Schärfungsoperatoren,
- Median-, Minimum- und Maximumoperatoren,
- Glättungsoperatoren,
- usw.

angewendet werden, indem diese Operatoren auf die einzelnen Farbkomponenten (z.B. RGB, HSI, ...) angewendet werden.





Originalbild





Median (Hue-Kanal, 15 x 15)
Multiply (Saturation, 1.5)
Median (Intensity, 5 x 5) - Canny (Intensity)



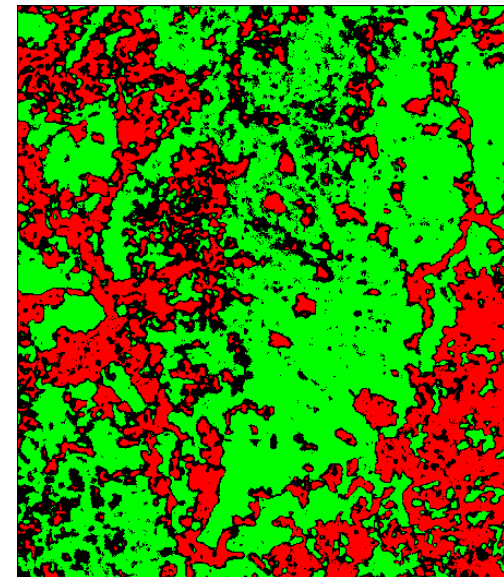
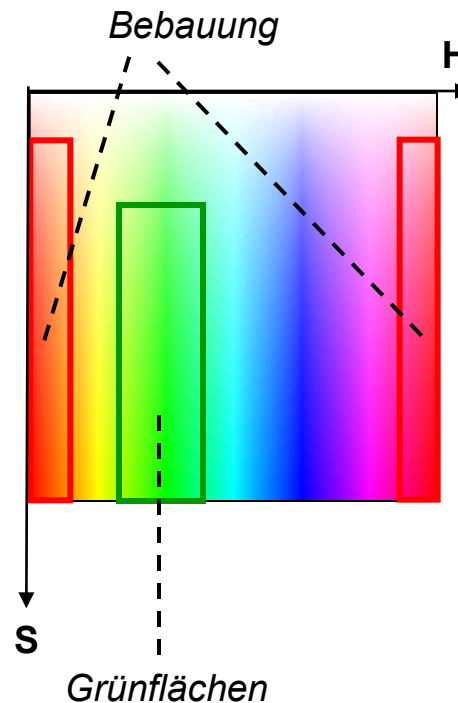
3.8.3.4 Einfache Farbsegmentierung

Durch Segmentierung wird ein Bild in Regionen aufgeteilt. Bildpunkte werden zu einer Region zusammengefasst, wenn sie einem vorgebbaren Kriterium genügen (z.B. wenn sie zu einer bestimmten Farbkategorie gehören).

Beispiel: Markieren aller Grün- und Bebauungsflächen im Satellitenbild.



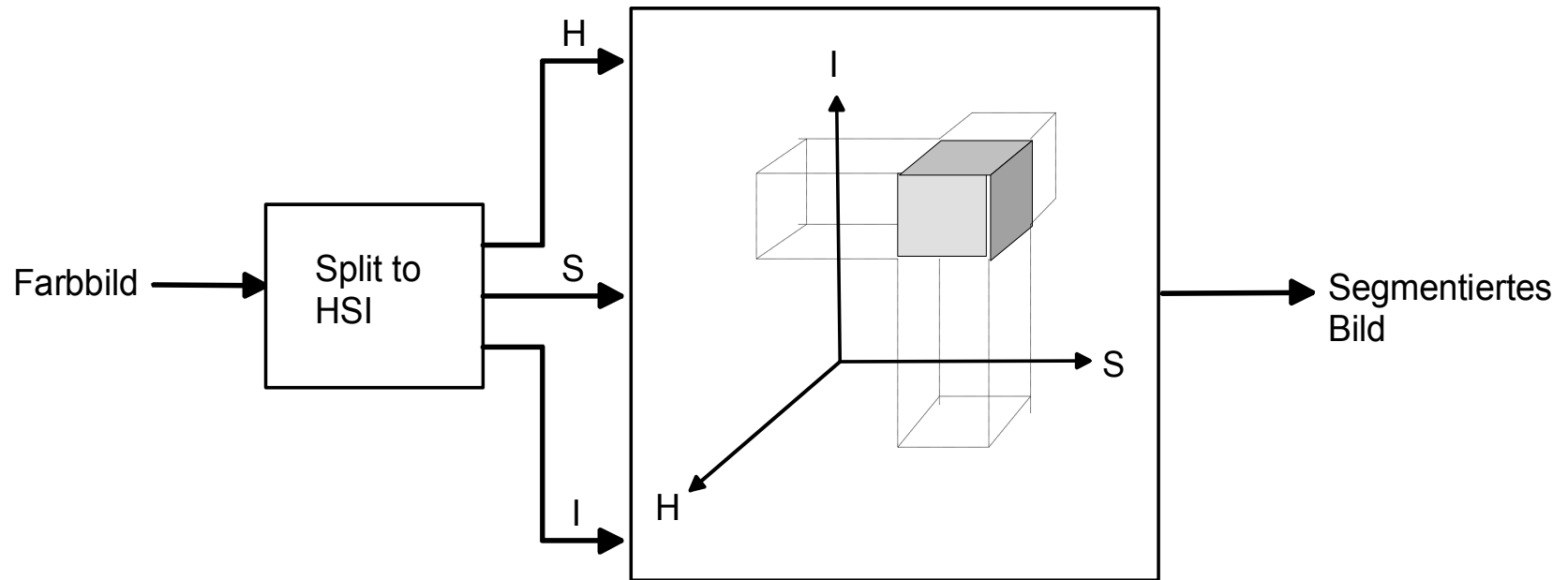
Originalbild



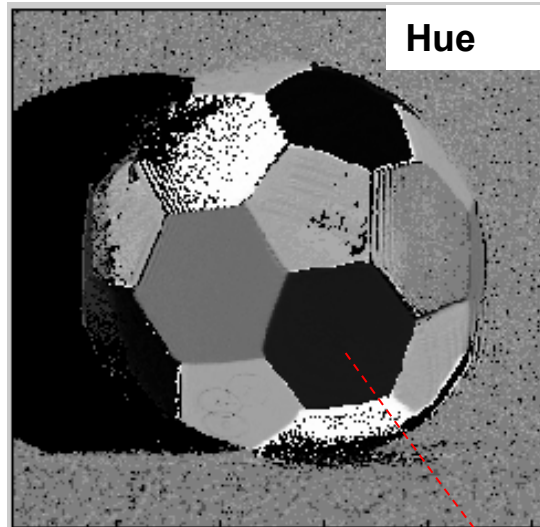
Ergebnisbild

Aufgrund der guten Anschaulichkeit des HSI-Raumes wird die Farbsegmentierung zweckmäßigerweise im HSI-Bild durchgeführt.

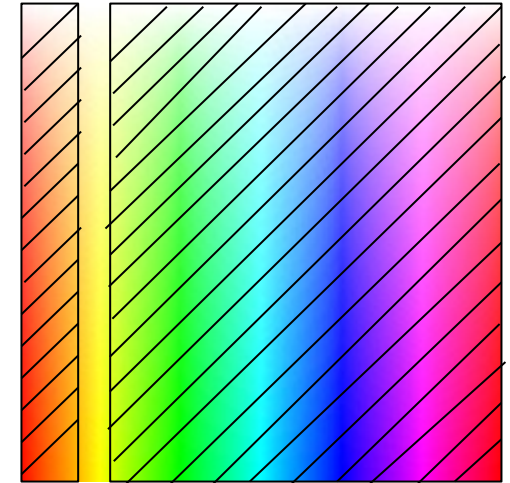
Eine Farbklasse wird dann durch ein oder mehrere Volumenbereiche im HSI-Raum beschrieben. Liegt der Farbwert eines Bildpunktes in einem dieser Volumenbereiche, dann gehört der Bildpunkt zu dieser Farbklasse.



Beispiel: Gelbkanten hervorheben



Hue



Hue-Wert liegt im **unschraffierten** Wertebereich



Canny-Filter

