



3. Rendering

3. Rendering

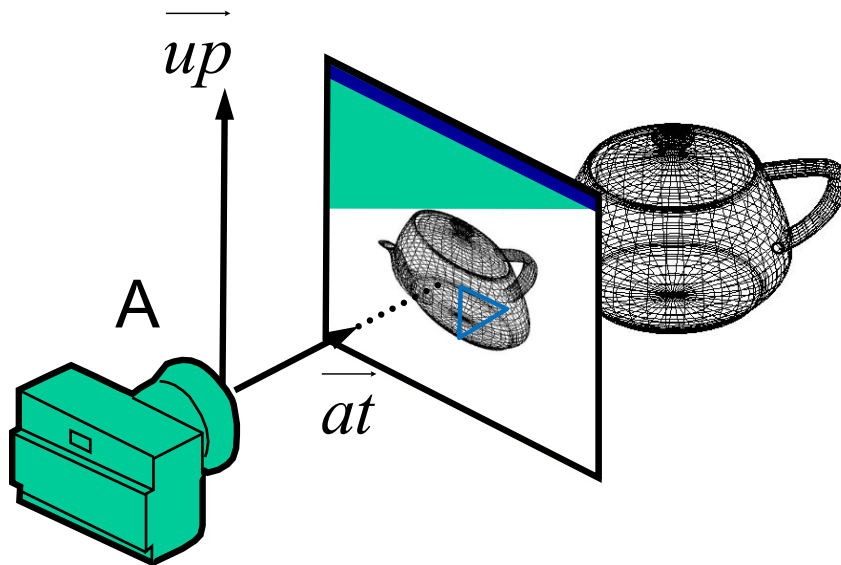


- In der Computergraphik gibt es 2 grosse Ansätze zur Bilderzeugung (rendering)
 - Projektion und Rasterisierung
 - Raytracing

3. Rendering

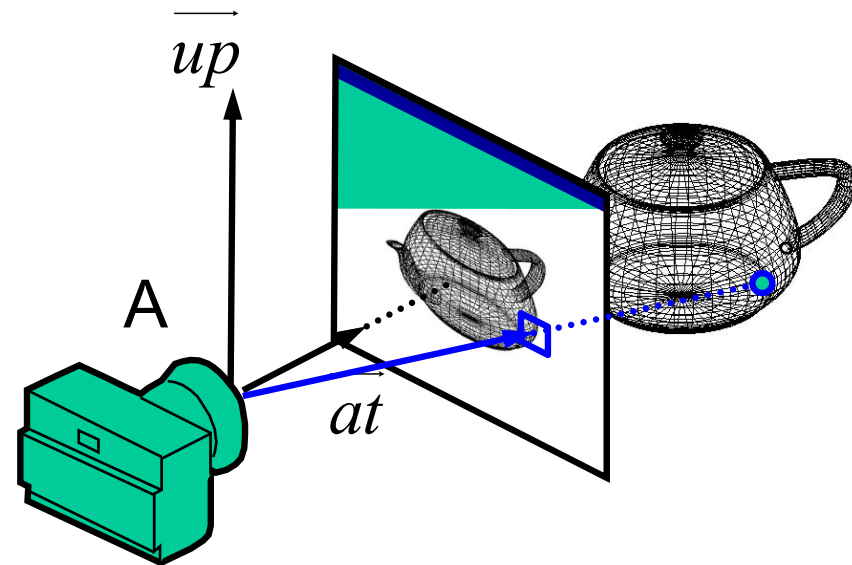


Projektion/Rasterisierung



Die Polygone werden der Reihe nach rasterisiert

Ray Tracing

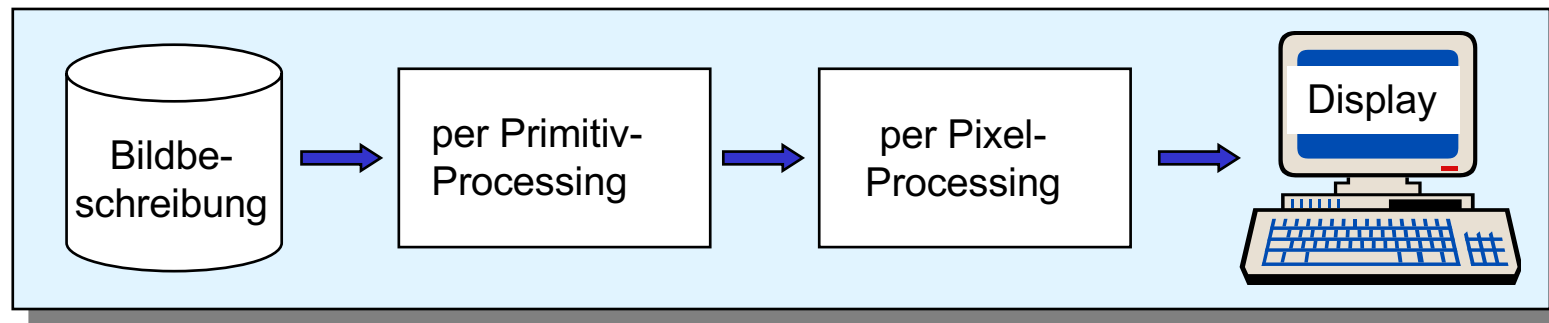


Das Bild wird durch Sehstrahlen abgetastet

3. Rendering



- **Der Rendering-Prozess (Projektion/Rasterisierung) lässt sich als 2-Stufen-Modell darstellen:**



- **Per Primitiv-Processing:** Hierzu gehört das Durchführen von Transformationen, insbesondere das Durchlaufen der Viewing-Pipeline.
- **Per Pixel-Processing:** Hierzu gehört die Zerlegung der graphischen Primitive in Pixel des Bildspeichers (Scankonvertierung).
- Sichtbarkeits- und Beleuchtungsinformationen werden je nach eingesetzter Methode auf Primitiv- oder Pixelbasis berechnet.



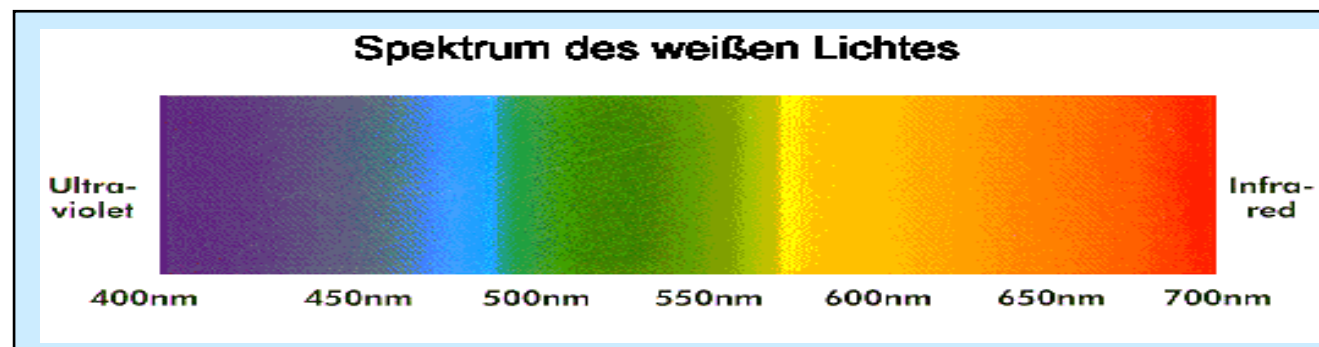
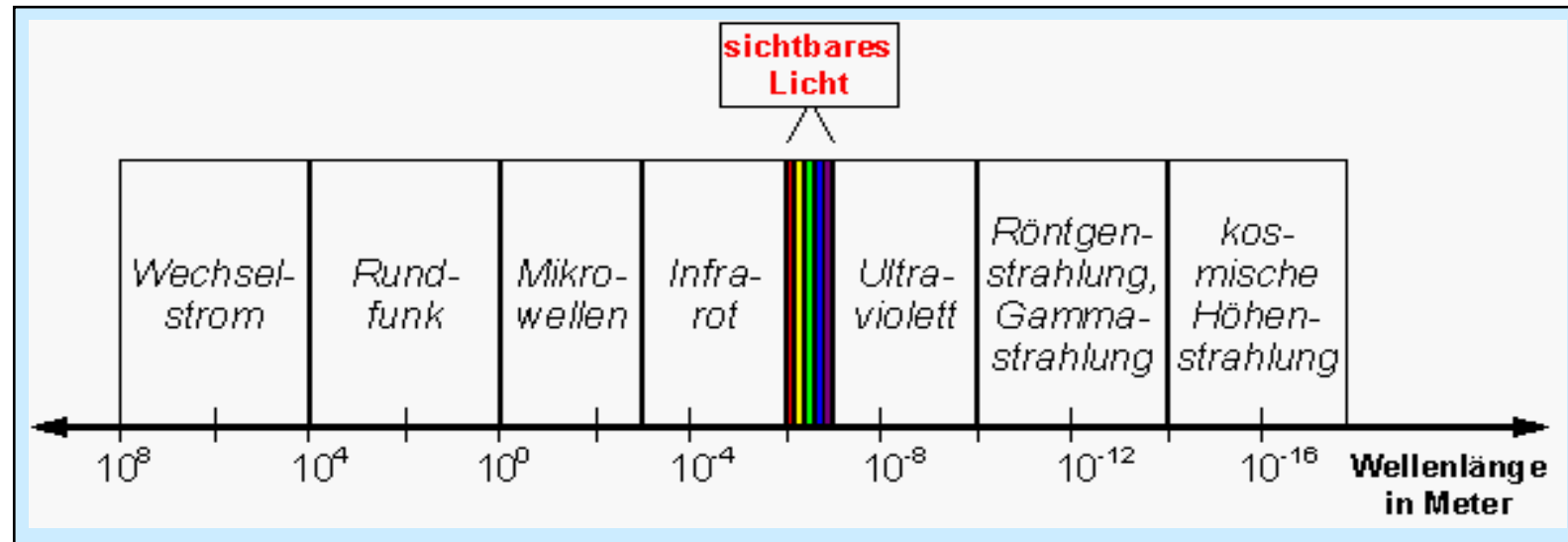
3.1 Farben

3.1. Farben



- Sichtbares Licht ist eine Kombination von mehreren Wellenlängen, die für das menschliche Auge sichtbar sind.
- Die Farbe ist eine Empfindung im Sinnesorgan des Betrachters, die durch Licht unterschiedlicher Wellenlänge hervorgerufen wird.
- **Wir unterscheiden also zwischen:**
 - **Farbreiz:**
messbare Strahlung im Wellenlängenbereich von 380 bis 780nm.
 - **Farbempfindung:**
Farbe ist (DIN-Standard 5033): „...diejenige Gesichtsempfindung eines dem Auge strukturlos erscheinenden Teiles des Gesichtsfeldes, durch die sich dieser Teil bei einäugiger Beobachtung mit unbewegtem Auge von einem gleichzeitig gesehenen, ebenfalls strukturlosen angrenzenden Bezirk allein unterscheiden kann.“

3.1. Farben





Wellentheorie:

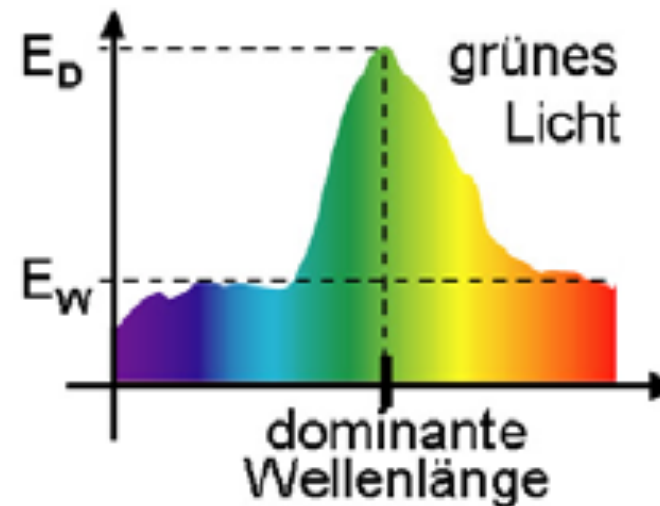
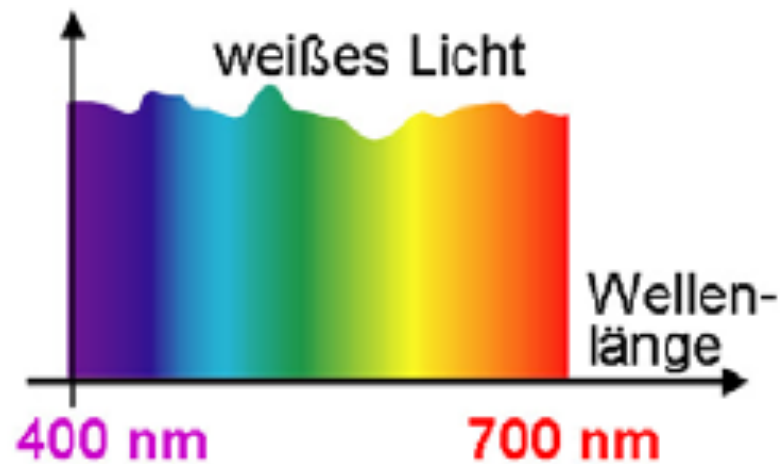
Frequenz, Amplitude, Phase

- **Frequenz** des sichtbaren Lichtes entsprechend: $\sim 10^{15} \text{ Hz}$
- **Wellenlänge**: Lichtgeschwindigkeit / Frequenz sichtbares Licht: 380 bis 780 nm Wellenlänge
- Zerlegung des Farbspektrum durch Prismen

3.1. Farben



Farbe = Funktion über Spektrum der sichtbaren Wellenlängen



3.1. Farben



dominante Wellenlänge:

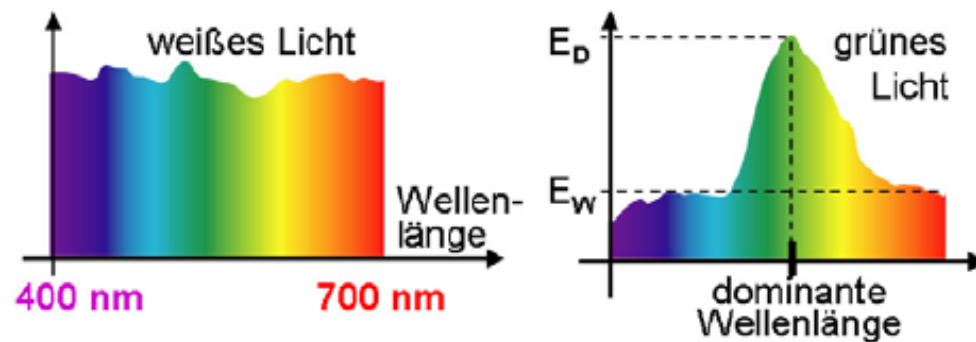
- Farbton der wahrgenommene Farbe
- höchste Leistung im Spektrum

Helligkeit/Luminanz: Strahlungsenergie

- proportional zur Fläche unter Spektralverteilung

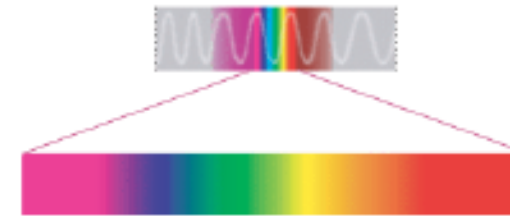
Reinheit/Sättigung:

- Mischung monochromen Lichts mit weißem Licht
- Verhältnis Energie dominanter Wellenlänge zur Gesamt-Energie





Farbwahrnehmung



Reiz: elektromagnetische Strahlung (Licht)

Zweistufige Wahrnehmung:

1. **Reizaufnahme** durch Rezeptoren auf der Retina

- **Stäbchen:** Schwarz-Weiß-Sehen auch bei geringer Intensität (≈ 120 Millionen)
- **Zapfen:** Farbwahrnehmung ($\approx 6,5$ Millionen)

2. Mehrstufige **Verarbeitung der Reize**

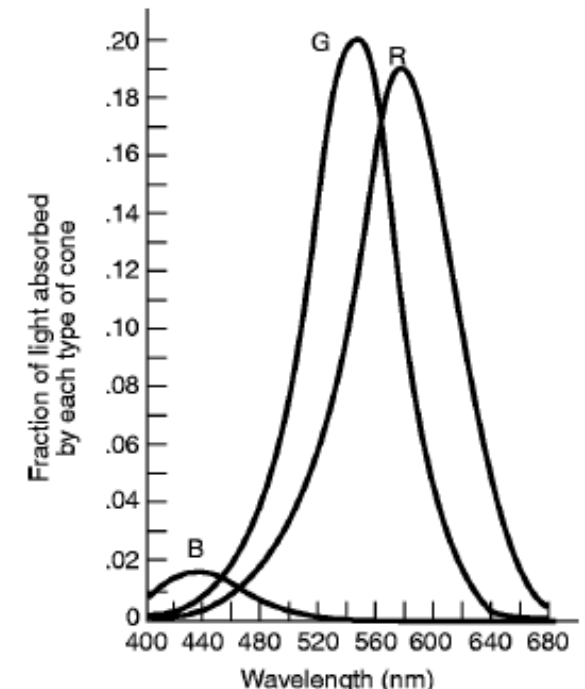
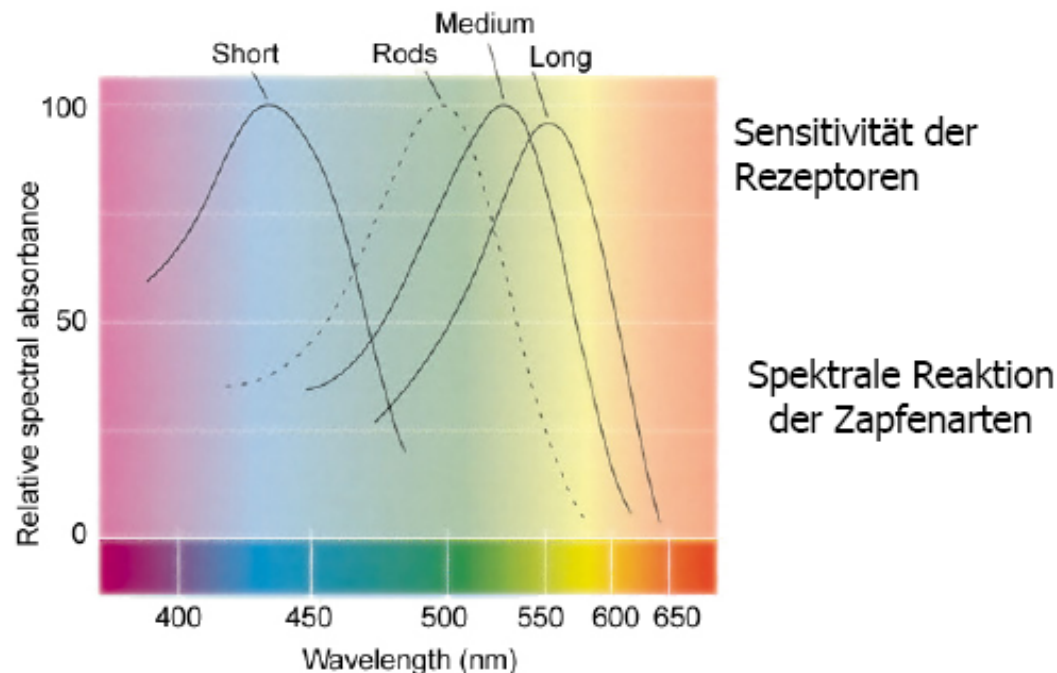
- Kontrastverstärkung am Ausgang der Retina
- Integration der Impulse beider Augen
- Interpretation im visuellen Kortex des Gehirns

3.1. Farben



Reizverarbeitung

- 3 Zapfenarten (Rezeptoren) mit unterschiedlicher Empfindlichkeit in Spektralbereichen (Reaktionsstärke)
- Farbwahrnehmung:
#Rezeptoren * Reizempfindlichkeit * Reiz



3.1. Farben



Dreifarbentheorie:

Die Menge der durch das menschliche Auge unterscheidbaren Farben ist dreidimensional!

Dies führt zu verschiedenen Farbsystemen, die alle dreidimensional sind.

3.1. Farben

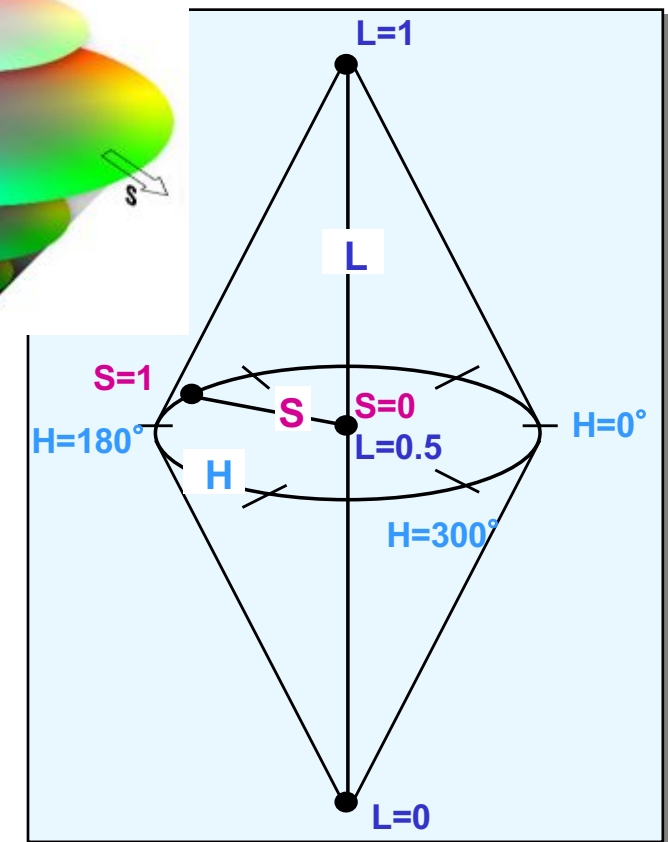
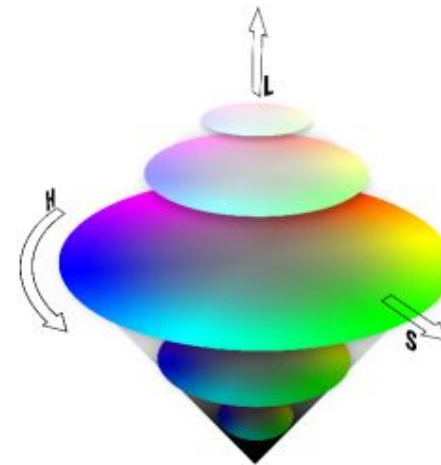
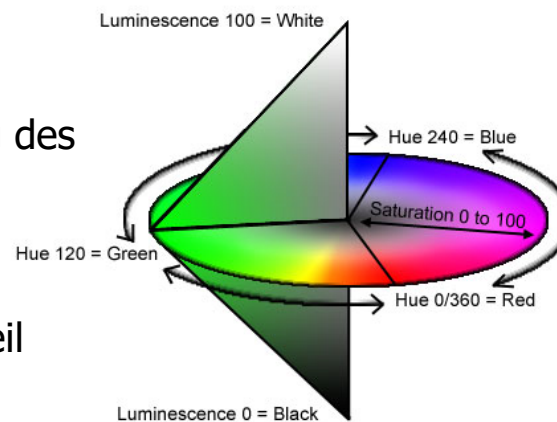


- Die Farbe des Lichts wird bestimmt durch die dominante Wellenlänge, die Intensität und die Reinheit.
- Das **HLS-System** beschreibt eine Farbe durch diese Bestimmungsstücke intuitiv:

- **Farbton (Hue)**
klassifiziert eine Farbe als Rot, Grün oder Blau oder Mischungen davon. Die Farbtöne bilden eine geschlossene Reihe und lassen sich auf einem Farbkreis darstellen.

- **Helligkeit (Lightness)**
ist abhängig vom Betrag des reflektierten Lichts.

- **Sättigung (Saturation)**
beschreibt den Grauteil in einer Farbe.

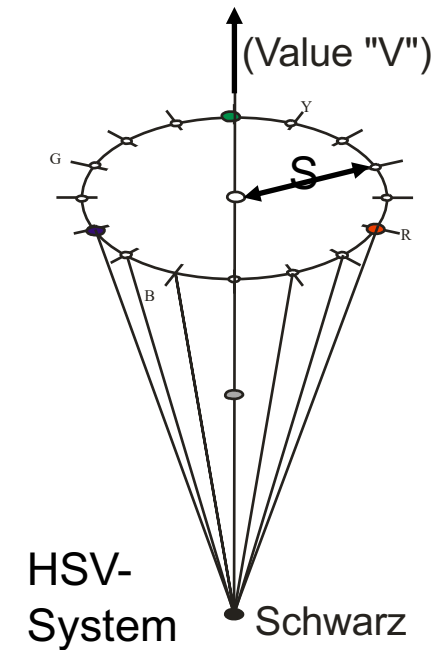
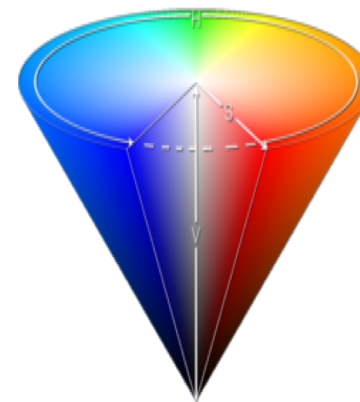


3.1. Farben



- Es gibt weitere Farbsysteme, die mit den 3 Bestimmungstücken Farbton, Helligkeit und Sättigung arbeiten.
 - HSV-System

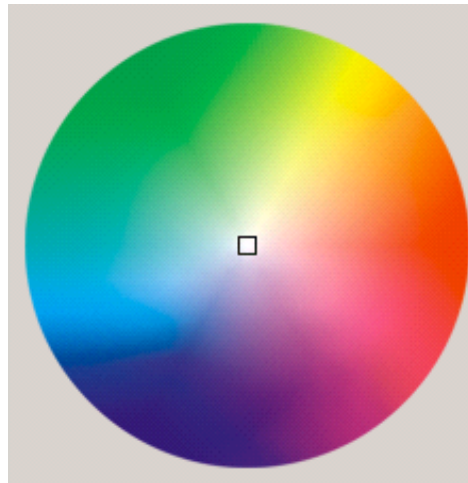
wird durch einfachen Kegel dargestellt und definiert Gelb, Rot, Blau Grün und Weiß mit derselben Helligkeit (value).



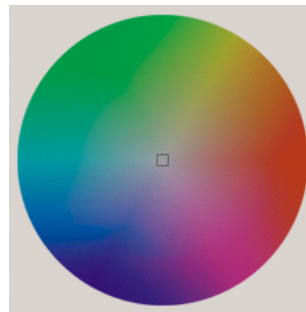
3.1. Farben



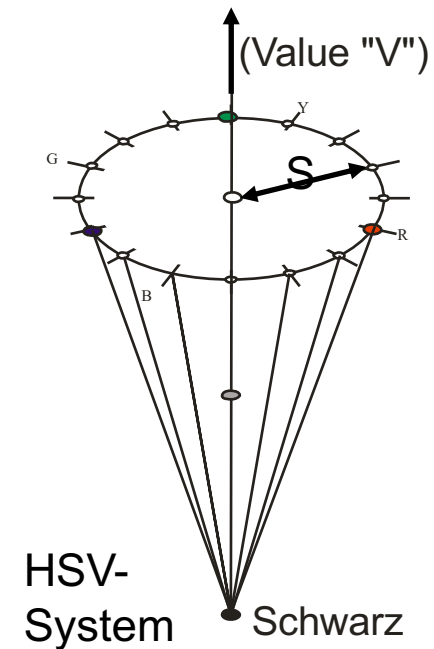
■ Schnitte im HSV-Konus



V=1



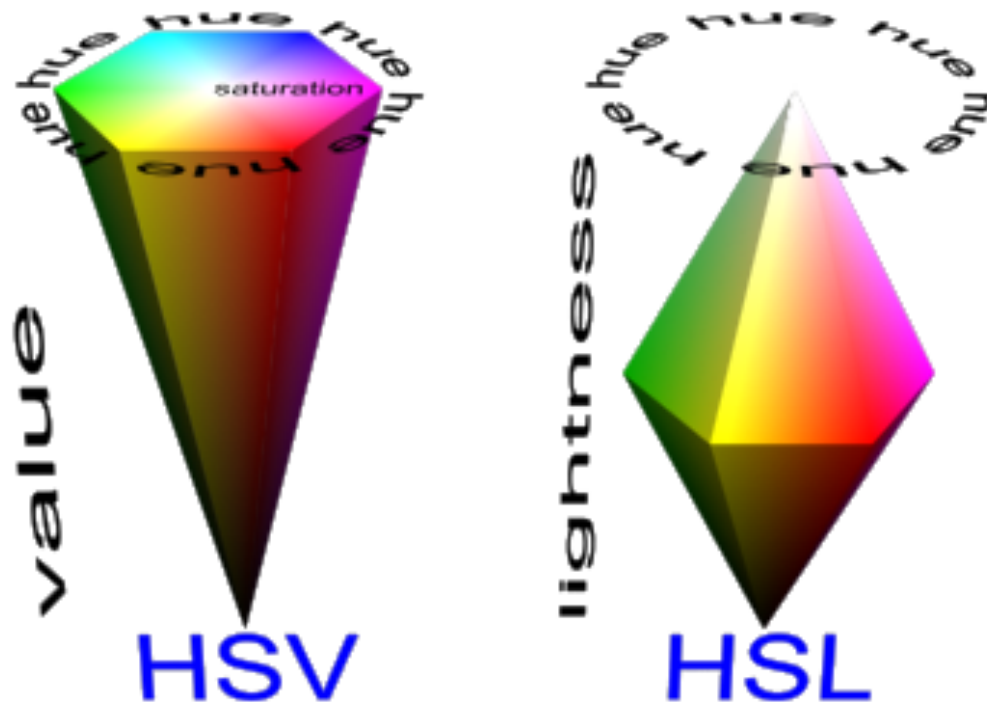
V=0.5



3.1. Farben



- Konvertierung von HSV in HSL

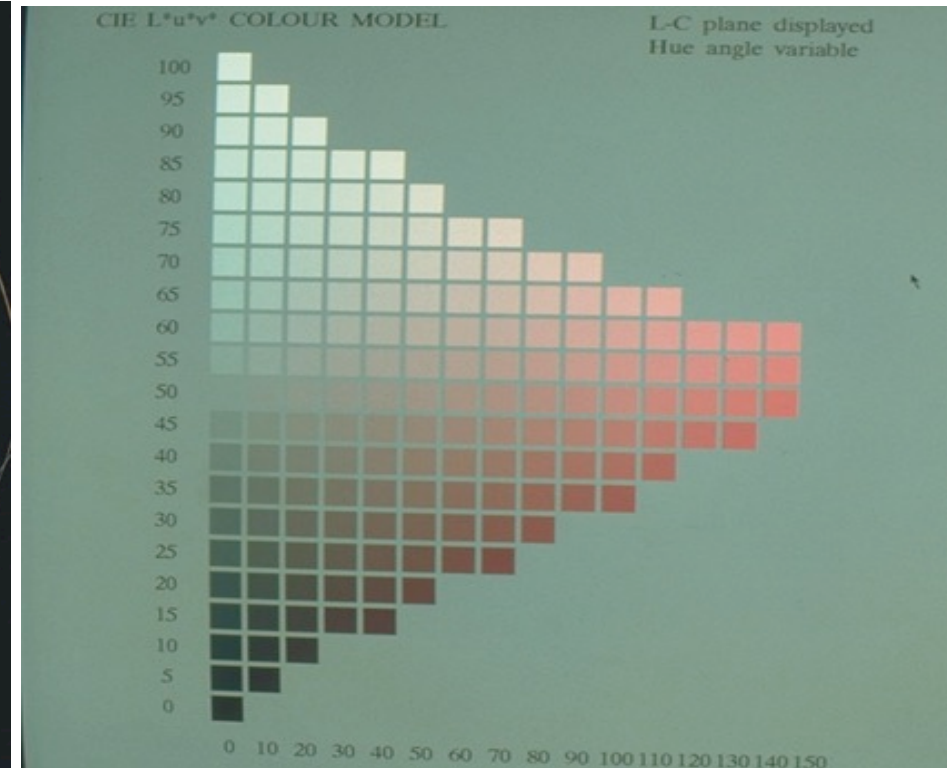
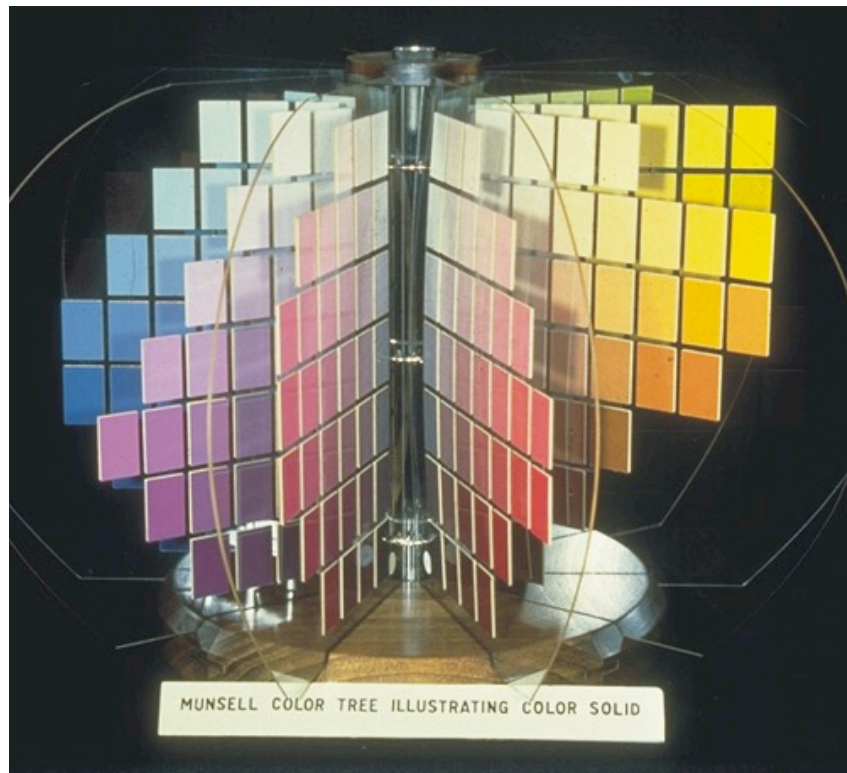


3.1. Farben



- Wahrnehmungsbasierte Farbsysteme:
 - Munsell-Farbsystem
3-dim. Farbkörper, bei dem die Farben über Helligkeit, Sättigung und Farbton beschrieben werden und die Farb-abstände entsprechend der mensch-lichen Wahrnehmung definiert sind.

3.1. Farben



Munsell-Farbsystem

15

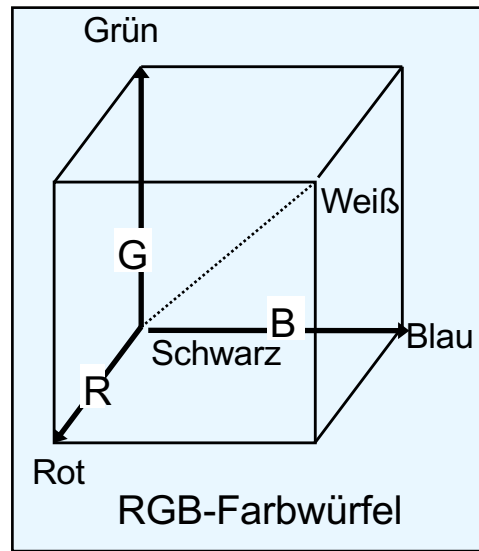
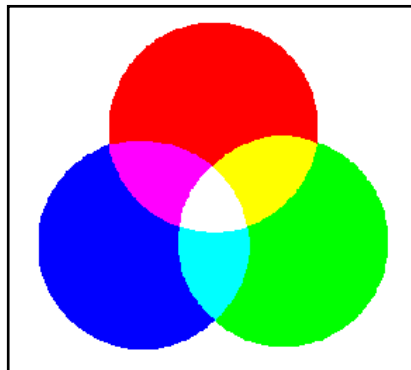
3.1. Farben



- Im Gegensatz zu den bisher eingeführten Farbsystemen beschreiben technikorientierte Farbsysteme eine Farbe durch 3 Primärfarben.

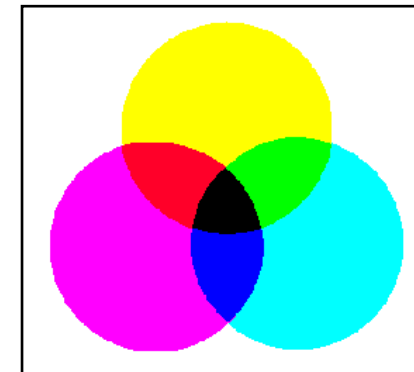
RGB-System

additive Farbmischung
(z.B. für Bildschirmgeräte)



CMY-System

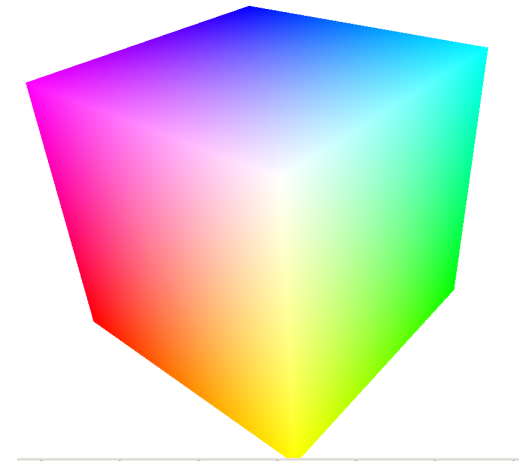
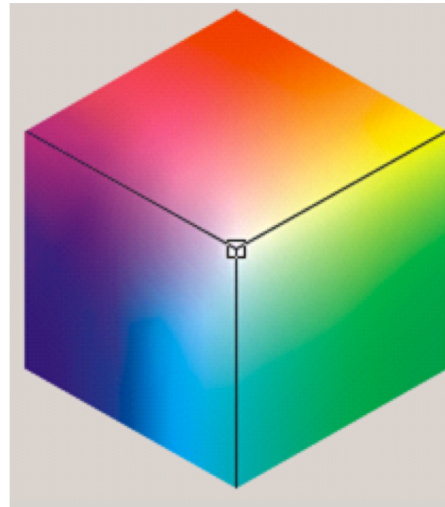
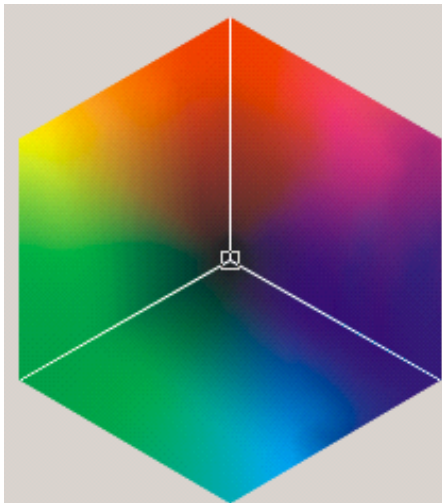
subtraktive Farbmischung
(z.B. für Drucker)



3.1. Farben



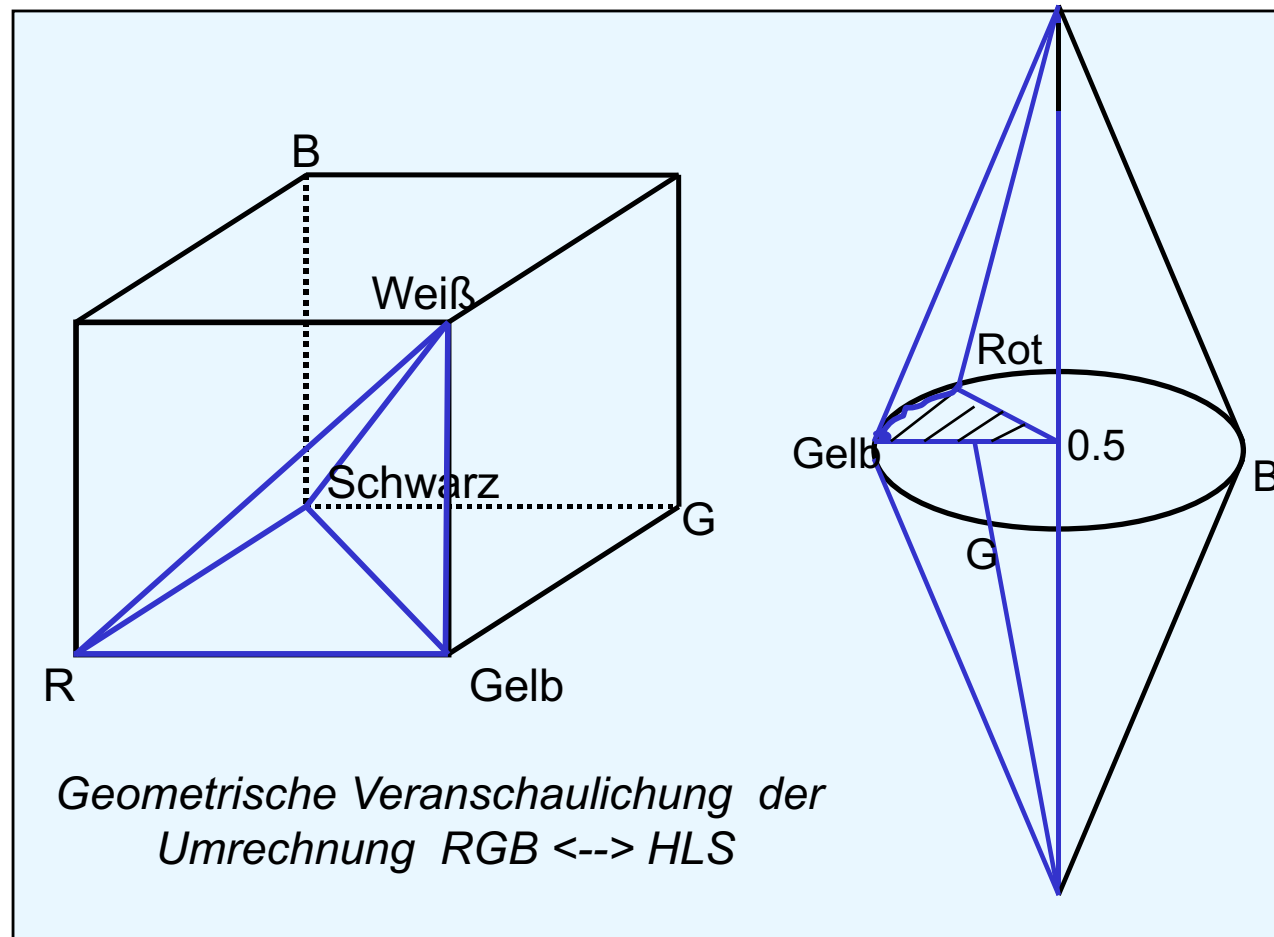
- Seiten des RGB-Würfels



3.1. Farben



- Konvertierung von RGB in HLS



3.1. Farben



- Die bisher besprochenen Farbsysteme (außer dem Munsell-System) sind nicht uniform, d.h. gleiche Abstände im Farbraum bedeuten nicht gleiche Abstände in der Farbwahrnehmung.
 - **Empfindungsgemäße Helligkeitsskala**
Die empfundene Helligkeit L_e ist proportional zum Logarithmus der Reizgröße (Weber- Fechnersches Gesetz), es gilt also:

wobei k eine Konstante ist.

$$L_e = \log(k \cdot I)$$

