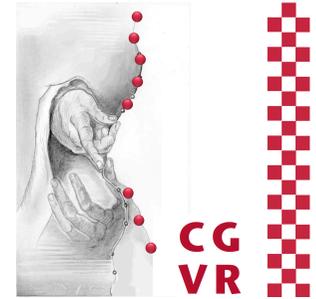
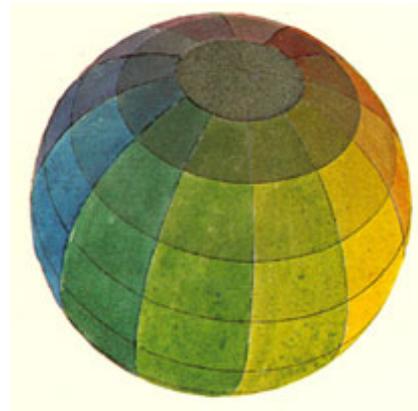


Bremen



Computer-Graphik I

Farben



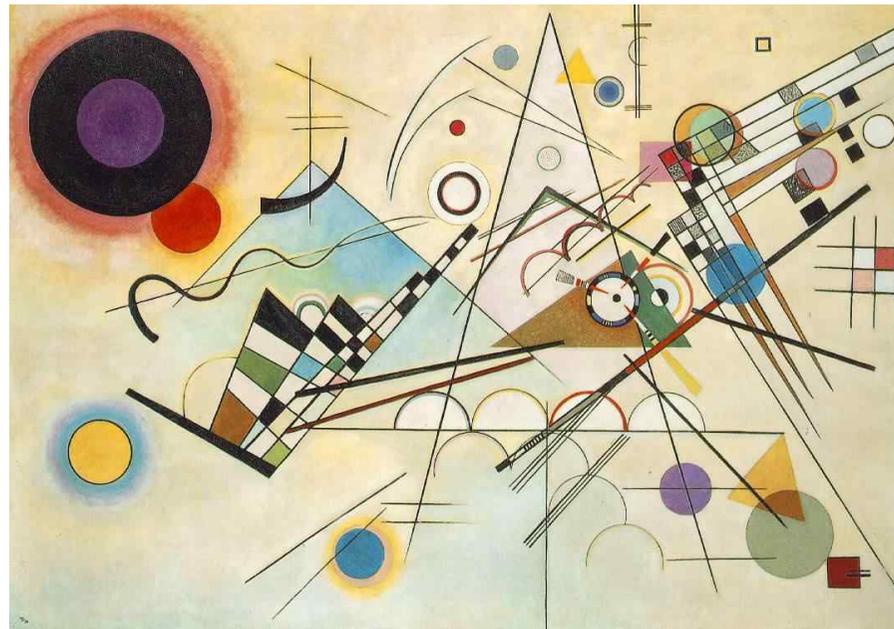
G. Zachmann

University of Bremen, Germany

cgvr.cs.uni-bremen.de

Die Farbe ist ein Mittel, direkten Einfluss auf die Seele auszuüben.
Die Farbe ist die Taste, das Auge ist der Hammer.
Die Seele ist das Klavier mit vielen Saiten.
Der Künstler ist die Hand, die durch diese oder jene Taste
zweckmäßig die menschliche Seele in vibration bringt.

Wassily Kandinsky (1866 – 1944)

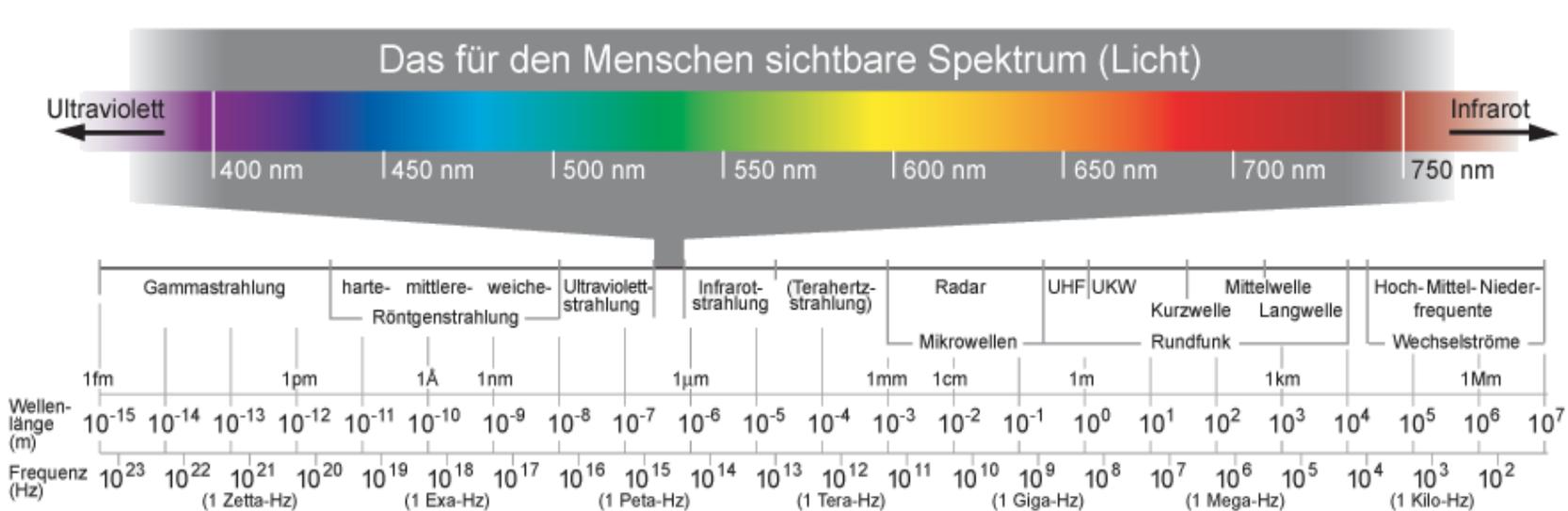
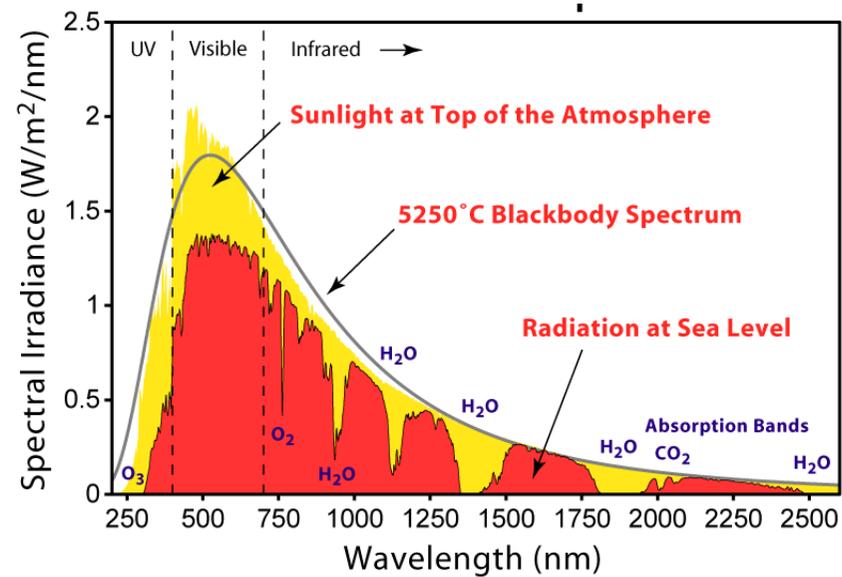
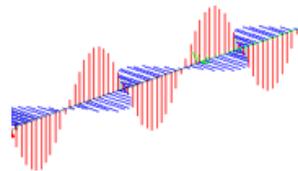


- Farben sind eine Wissenschaft für sich:
 - Es gibt sehr viele Farbräume
 - Involviert Physik, Biologie / Physiologie, Wahrnehmungspsychologie
 - Oft nicht leicht zu erkennen, in welchem Gebiet man sich gerade bewegt
 - Sehr viele Begriffe
- Fredo Durand:
 - *Color is both quite simple and quite complex*
 - *There are two options to teach color:*
 - *Pretend it all makes sense and it's all simple*
 - *Expose the complexity and arbitrary choices*
 - *Unfortunately, I have chosen the latter ...*
- Vereinfachung hier: keine lichttechnischen/photometrischen Größen

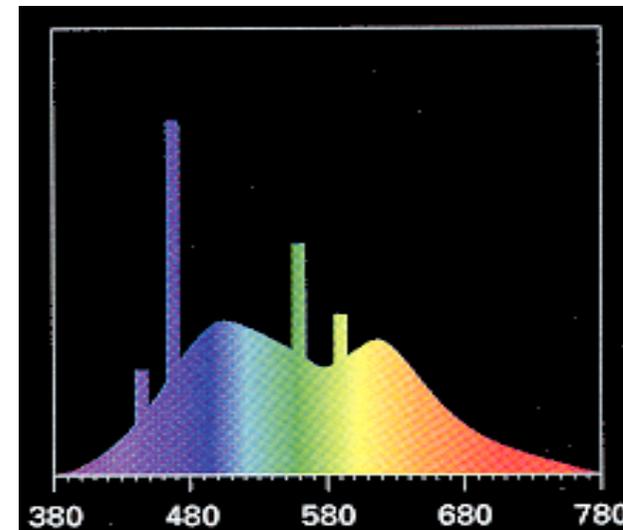
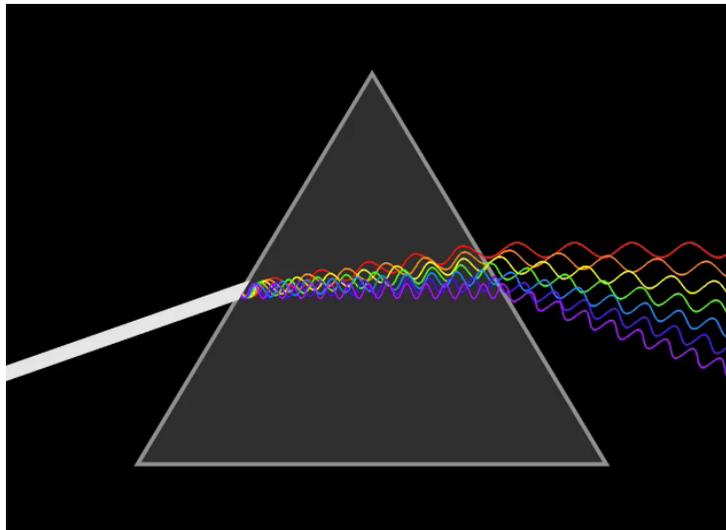
- Foley / van Dam, Peter Shirley, Rogers (s. Homepage der VL)
- Gary W. Meyer: *Tutorial on color science*
(siehe Link auf der Homepage der Vorlesung)

Was ist Licht?

- **Licht** = elektromagnetische Strahlung / Energie im für den Menschen sichtbaren **Spektralbereich: 380 – 780 nm**



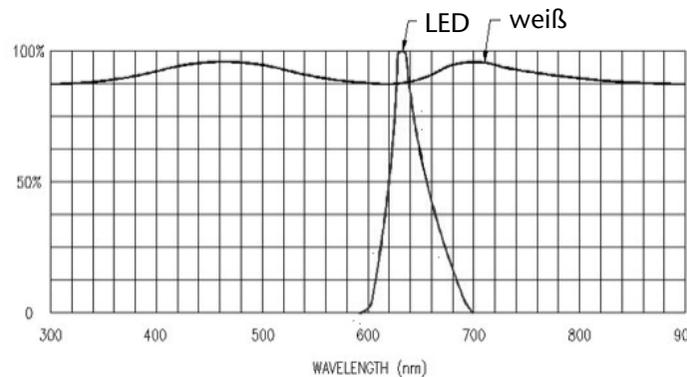
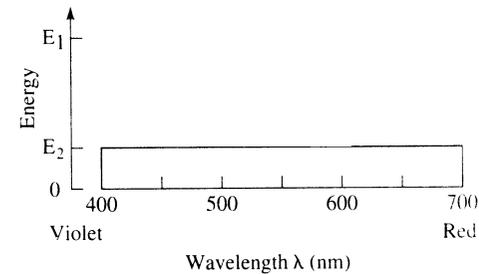
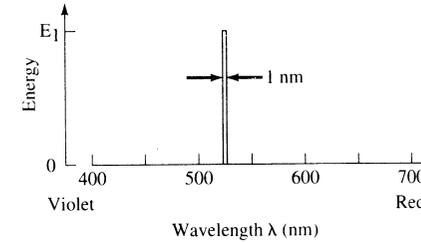
- Licht entsteht durch Emission von elektromagnetischer Strahlung
 - Normalerweise durch hohe Temperatur, z.B.: Sonne, Kerze, schwarzer Strahler, ...
 - Ausnahmen: Fluoreszenz, Laser, ...
- Eine Lichtquelle hat (fast) immer ein komplettes Spektrum:



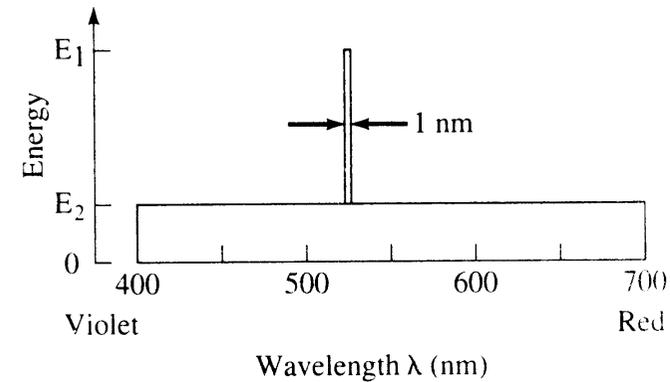
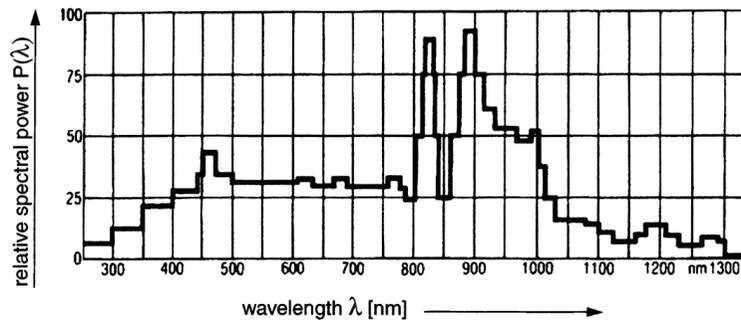
Leuchtstoffröhre

Chromaticity ("Chromatizität")

- **Monochromatisches** Licht = genau 1 Wellenlänge (Laser)
- **Achromatisches** Licht = alle Wellenlängen ungefähr gleich stark → weiß

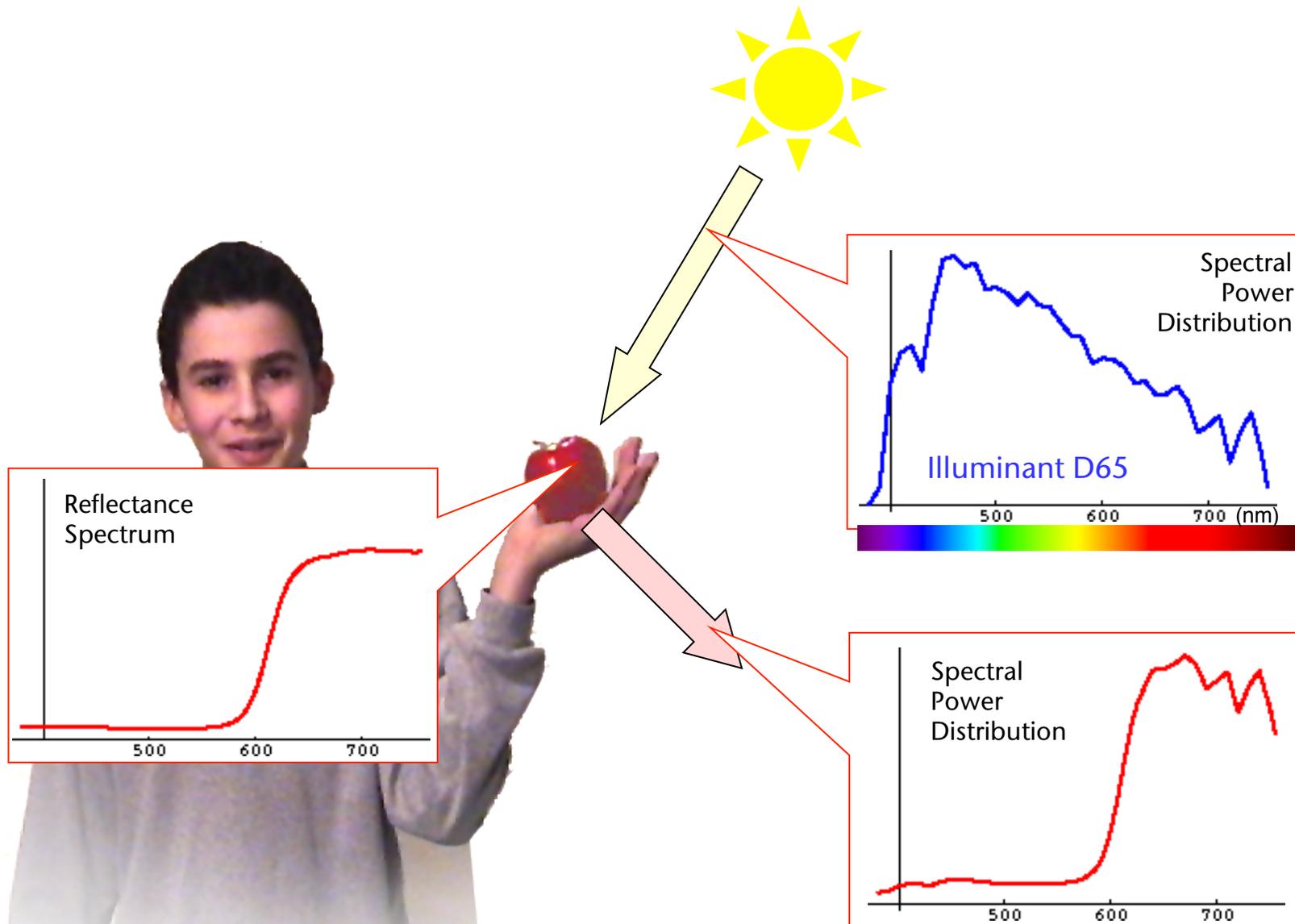


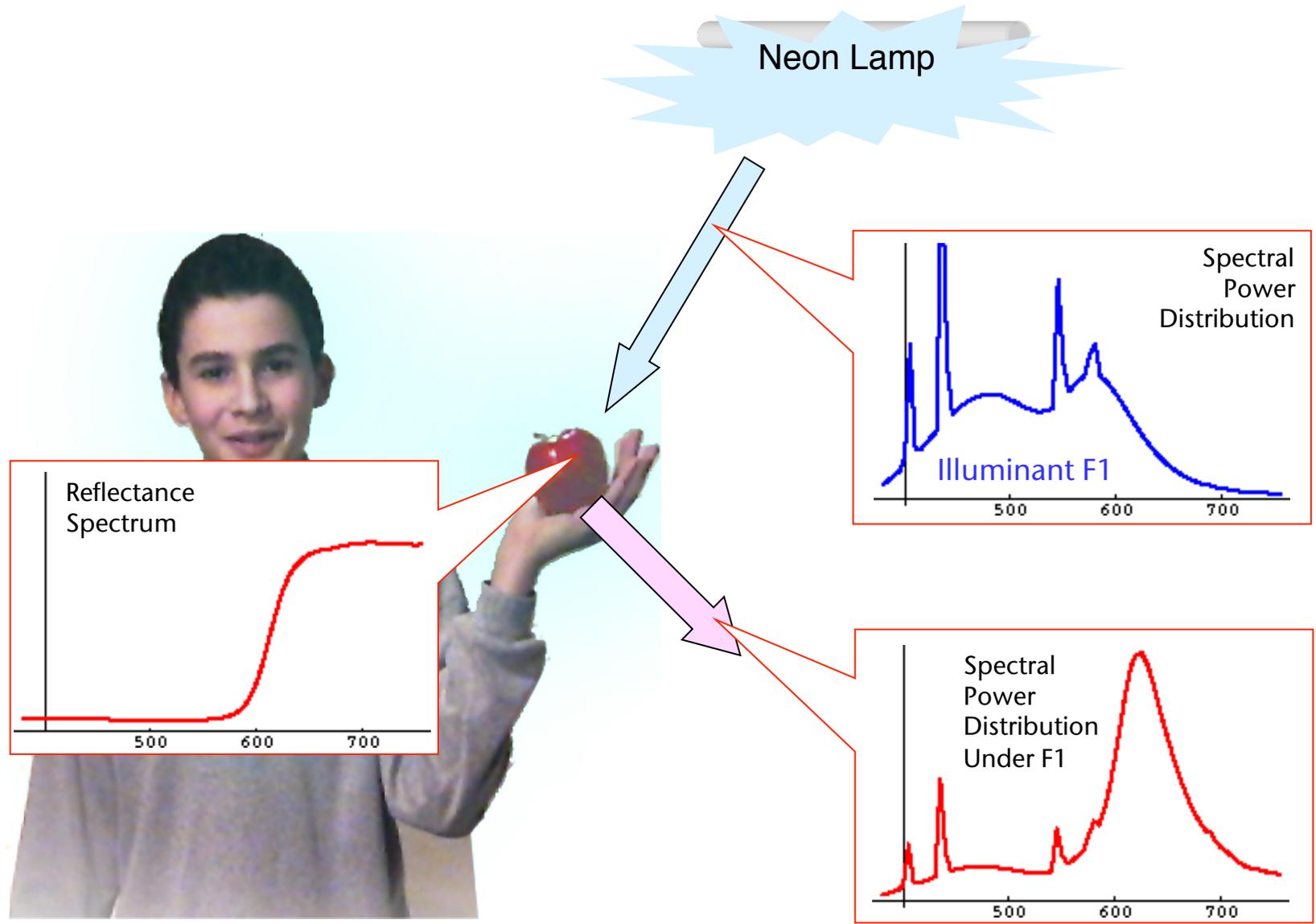
- **Chromatisches** Licht: ganzes Spektrum, eine dominante Wellenlänge (farbiges Licht)



- Wesentliche, beschreibende Charakteristika:
 1. Dominante Wellenlänge = "Farbe", *Hue*
 2. Verhältnis E_1 / E_2 = Anteil des weißen Lichtes = Reinheit, *Sättigung*, *Saturation*
 3. Fläche unter der Spektralkurve = Helligkeit = *Intensität*, *Brightness*

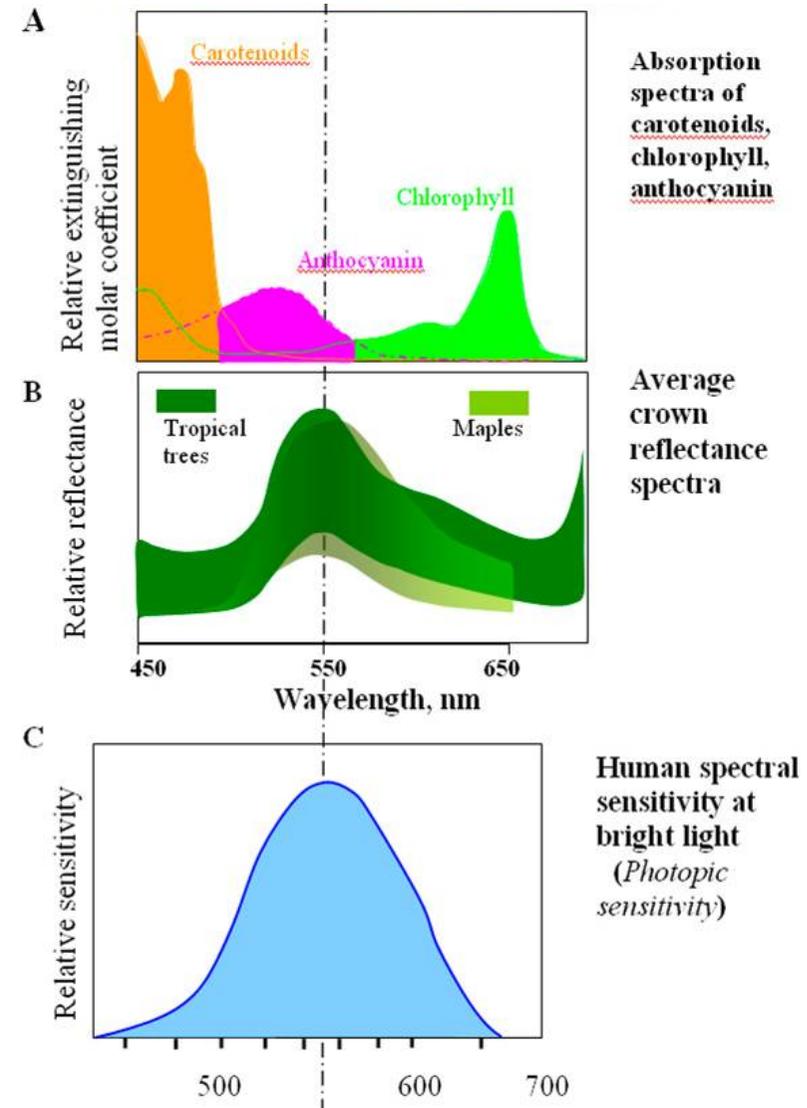
Das Licht auf dem Weg ... (das *Reflectance Spectrum*)





Warum ist der Wald grün?

- Weil der grüne Teil des Spektrums nicht absorbiert wird:
- Würden Pflanzen alle Wellenlängen gleich gut absorbieren, sähe das so aus:





Woher kommen die Farben?

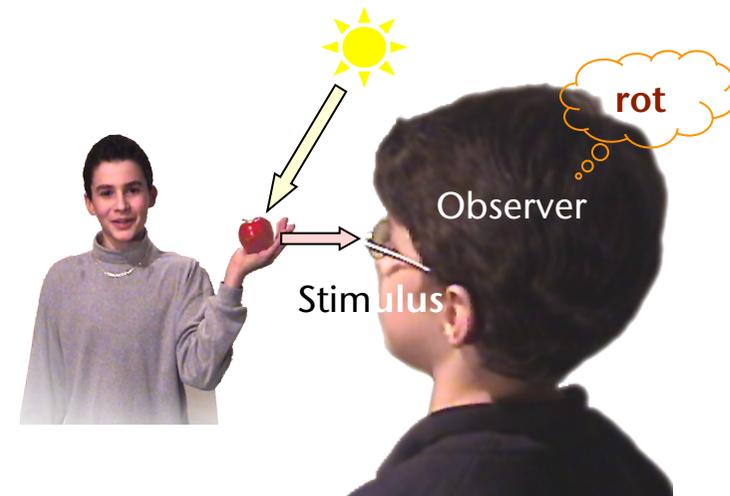


- Kennen Sie diese Szene?
 - "There is no spoon":



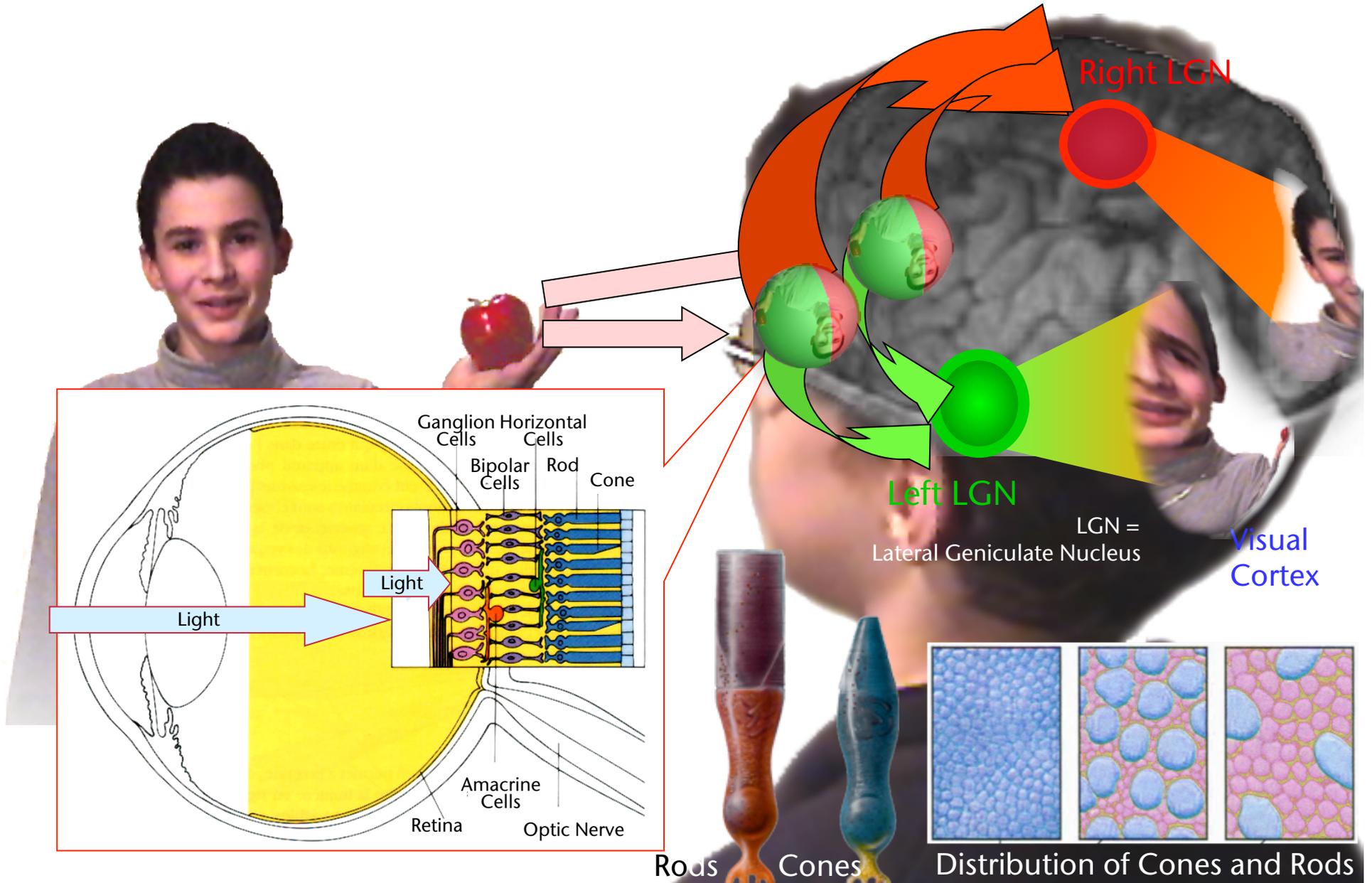
The Matrix

- Merke: **ES GIBT KEINE FARBEN!**
 - In der physikalischen Welt gibt es nur Spektren!
 - "Farben" entstehen erst im Auge!
(genauer gesagt: im Kopf)

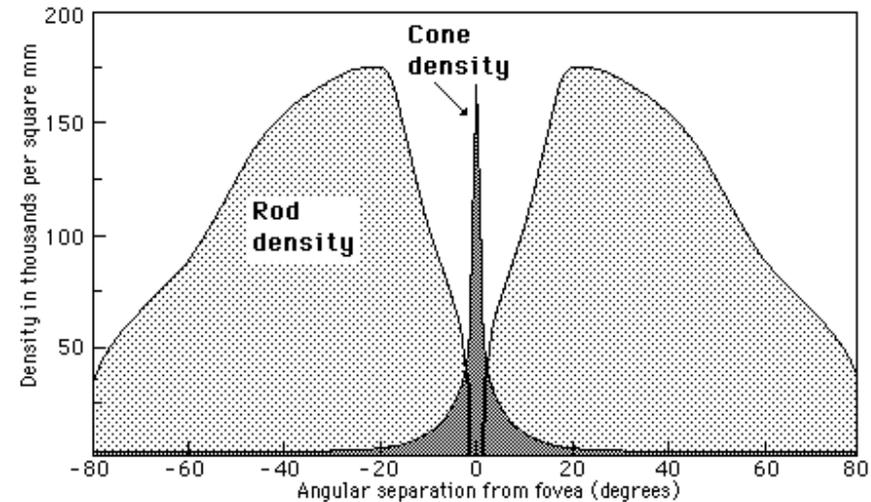




Das Auge



- Das räumliche Auflösungsvermögen (*visual acuity*) nimmt zum Rand der Netzhaut ab



- Wenn man ein Bild so vorverzerzt, dass die lokale Auflösung der im Auge entspricht, sieht es ungefähr so aus:



Human Spectral Sensitivity

- Nachts: **scotopic vision** (Rods, Stäbchen)
- Tags: **photopic vision** (Cones, Zäpfchen)
- Daher: "*Nachts sind alle Katzen grau.*"

