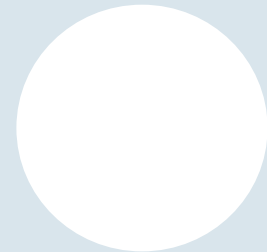


Licht, Lampen und Farbe

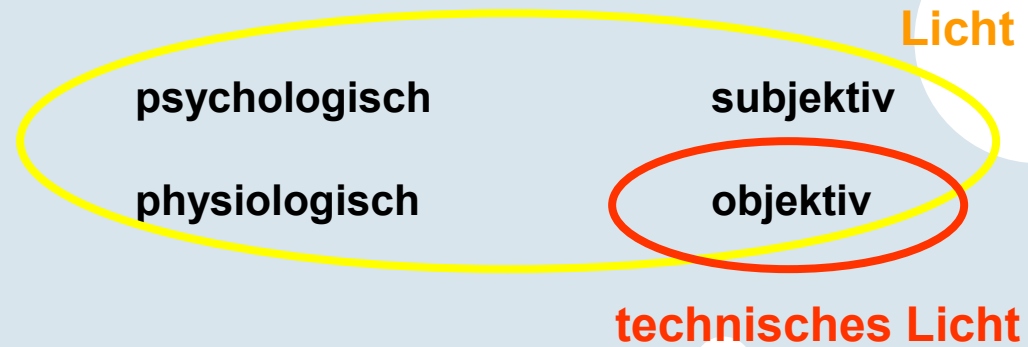
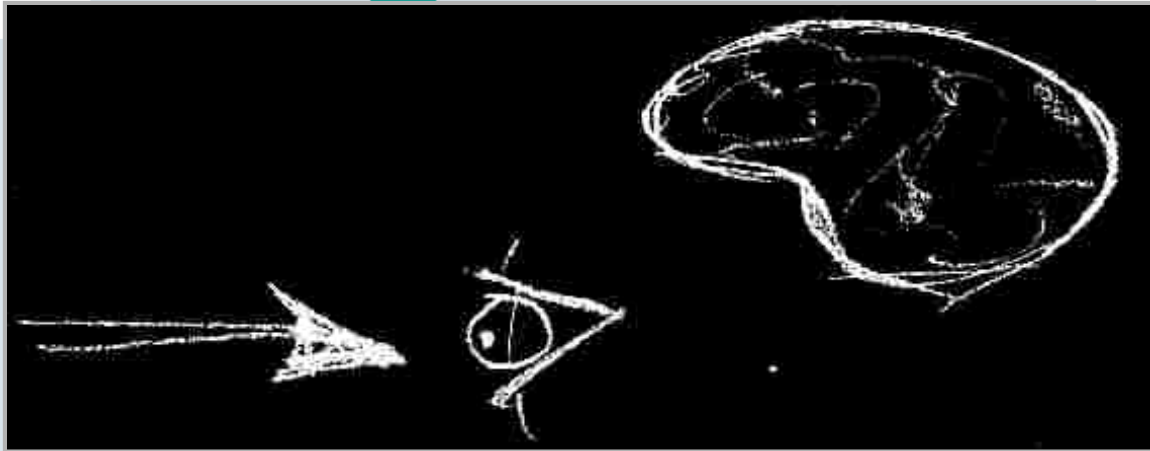
Prof. Dr. Bernd Jödicke

Institut für Naturwissenschaften und Mathematik

- was ist Licht
- was ist Farbe
- wieso wird Farbe gesehen
- wie wird Farbe gemessen
- wie wird Licht erzeugt
- warum gibt es so viele Lampen

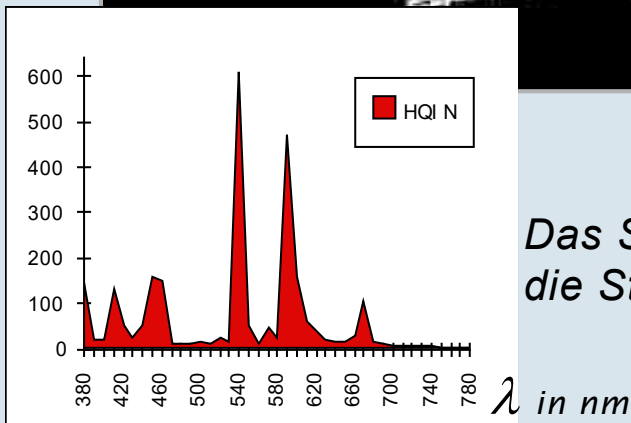
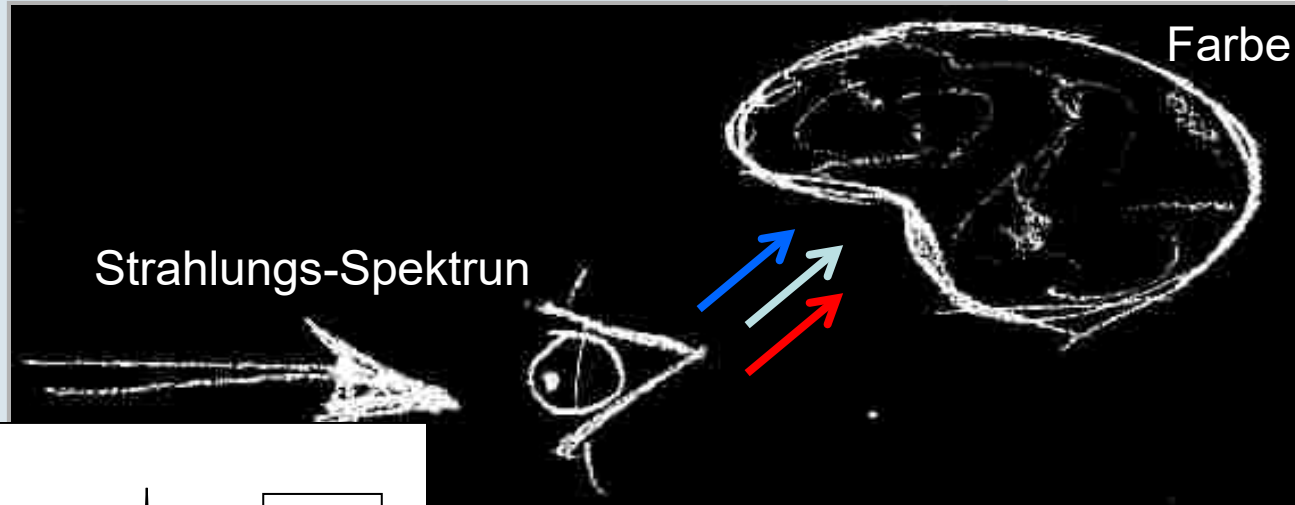


Was ist Licht ?



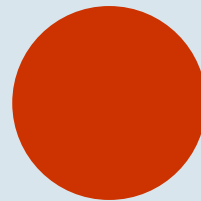
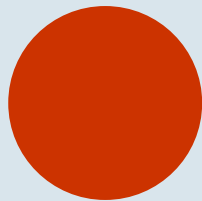
- was ist Licht
- Licht messen
- Licht sehen
- Licht erzeugen
- Licht einsetzen

Licht entsteht in Auge und Gehirn
Farbe entsteht in Auge und Gehirn

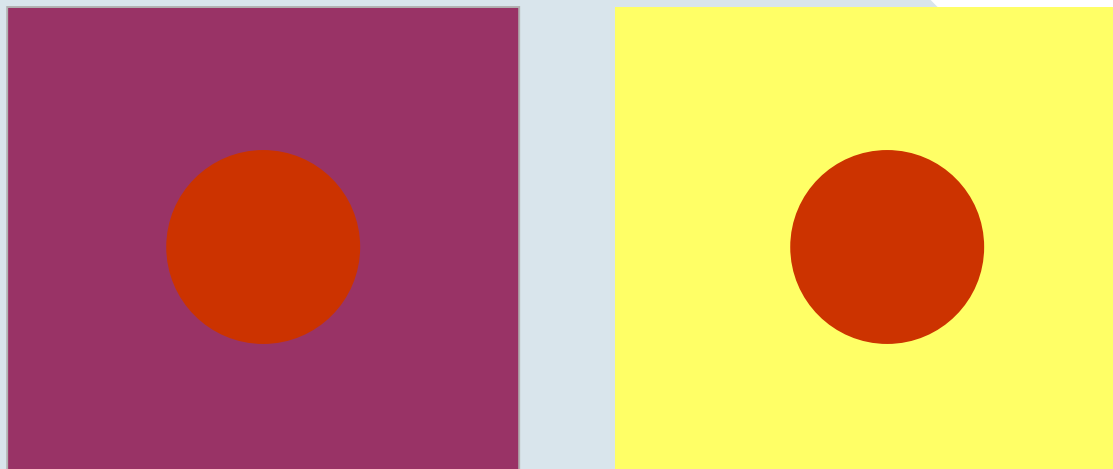


Das Spektrum gibt an, welche Intensität die Strahlung bei welcher Wellenlänge hat

Farben Sehen

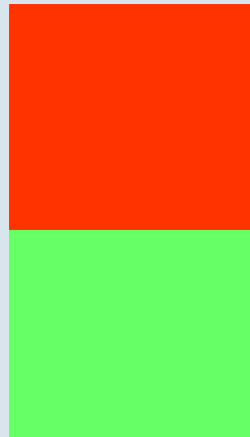


Farben Sehen

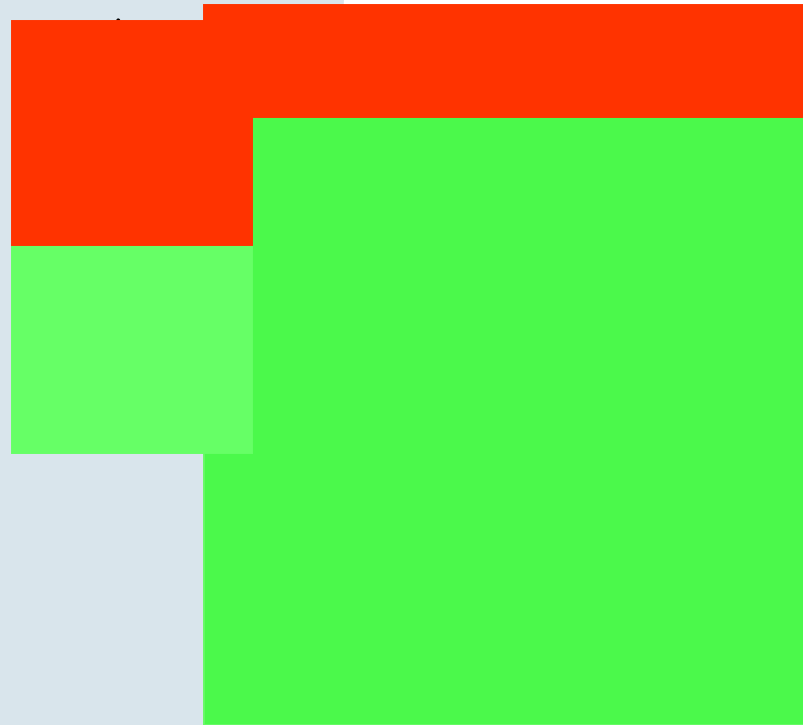


Auge sieht Farb-Unterschiede

Was ist Farbe ?
“Relativ-Sehen”

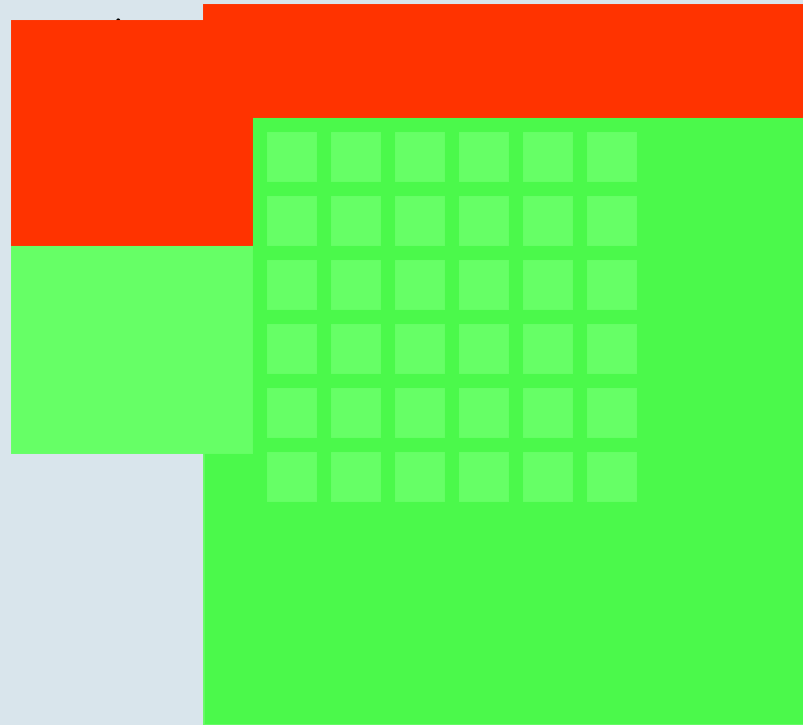


Was ist Farbe ?
“Relativ-Sehen”



Das Auge sieht relativ

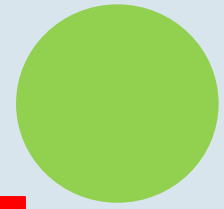
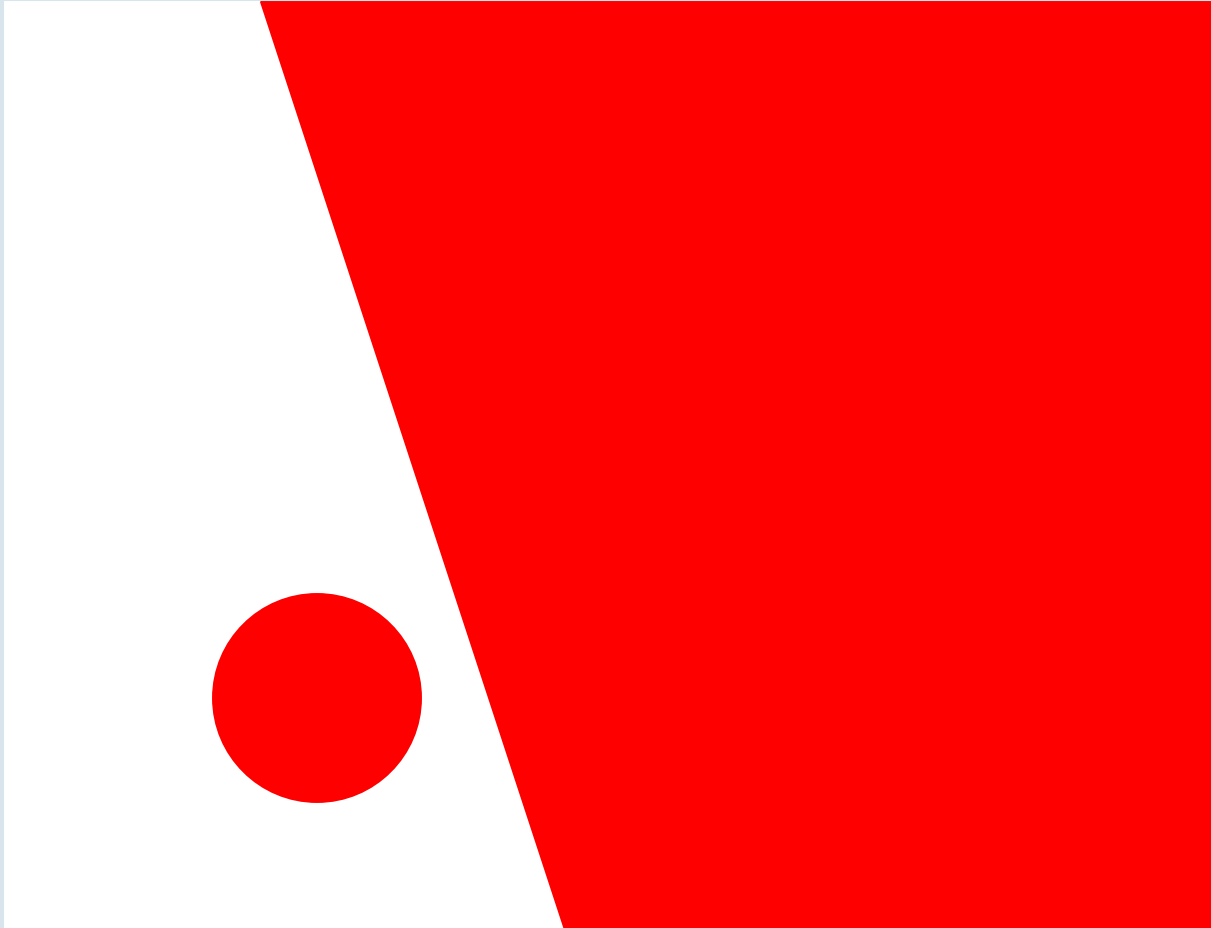
Was ist Farbe ?
"Relativ-Sehen"



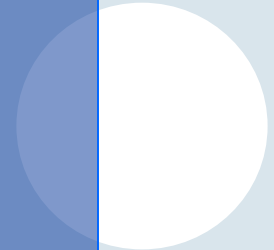
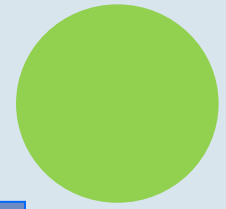
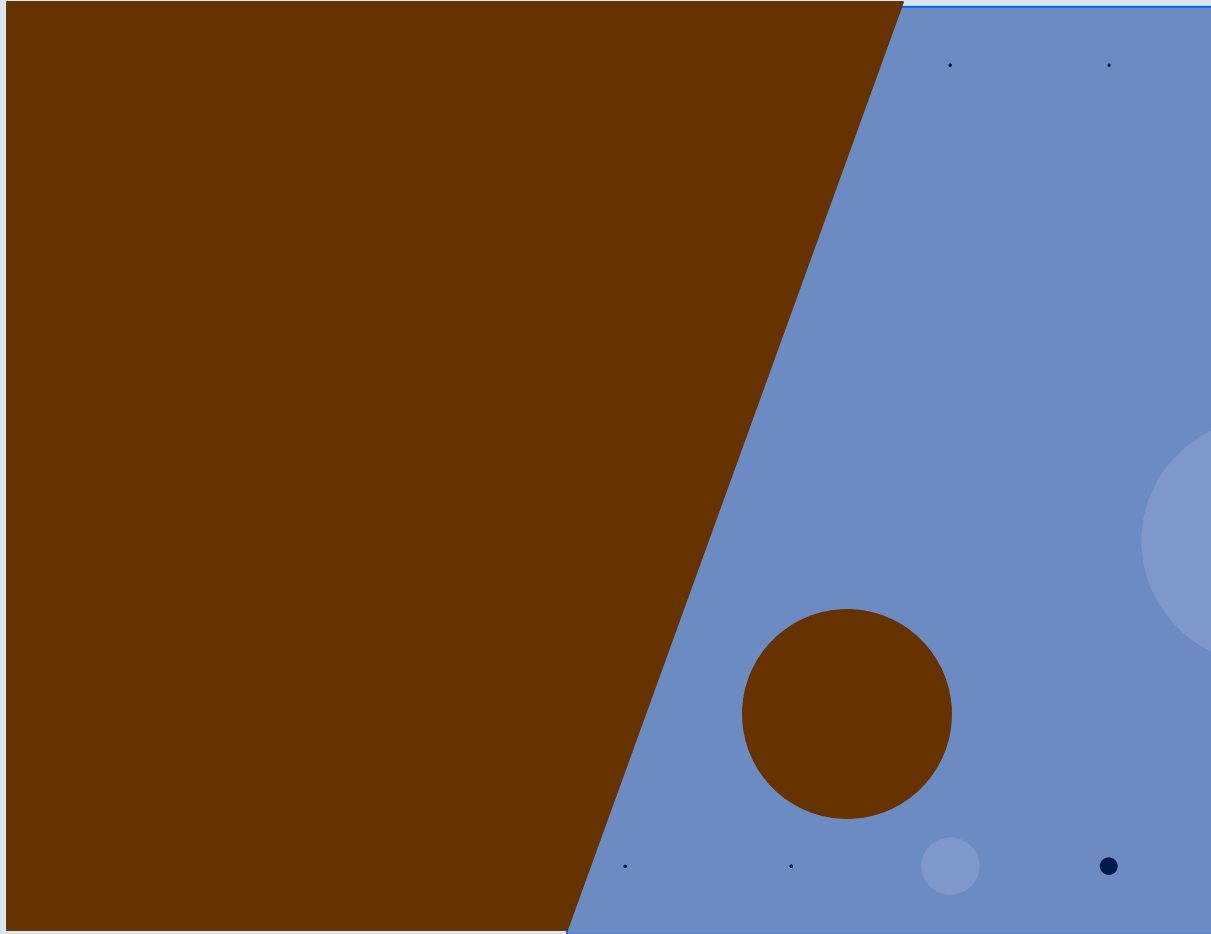
Das Auge sieht relativ



Farbe

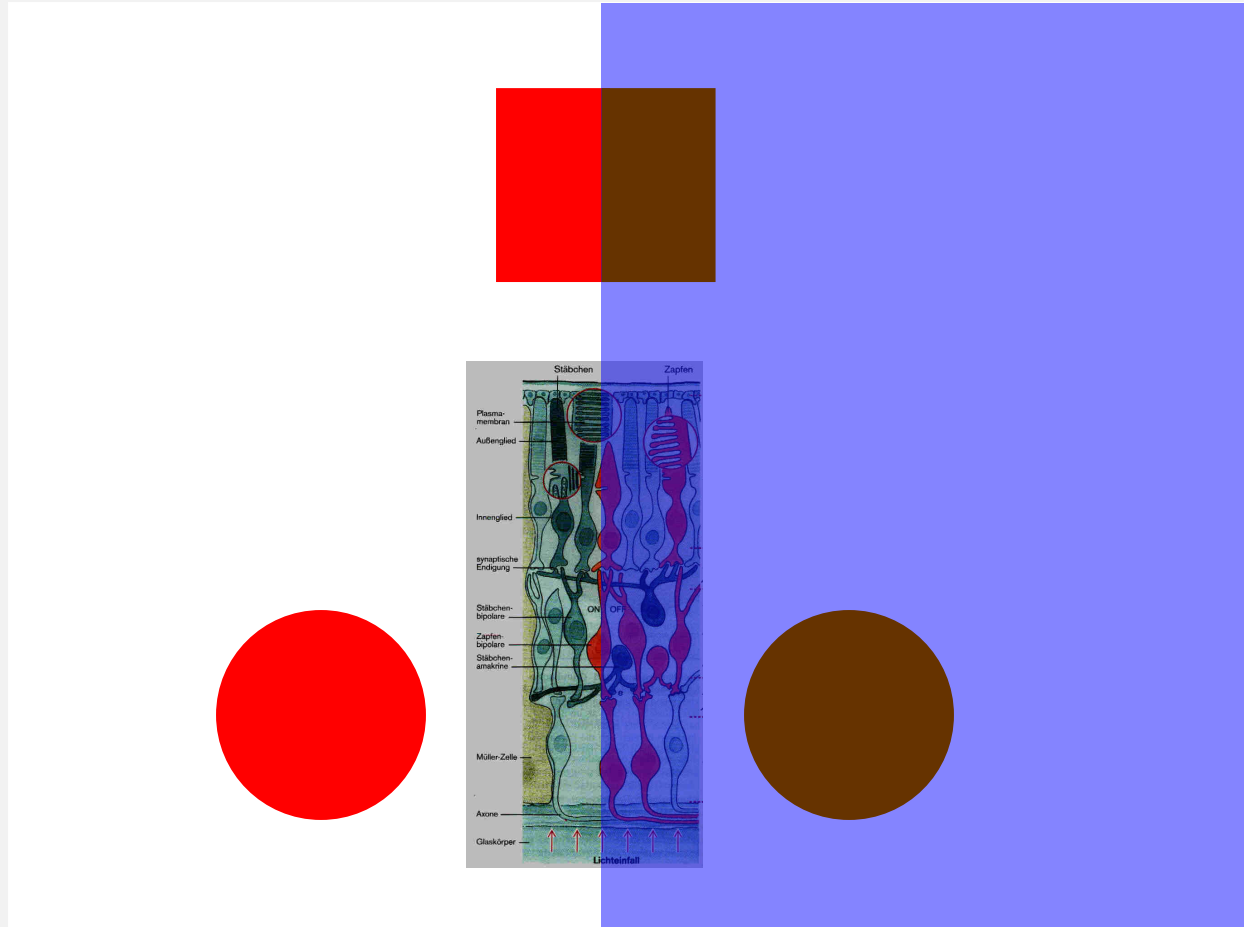


Farbe

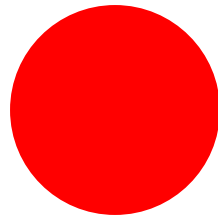
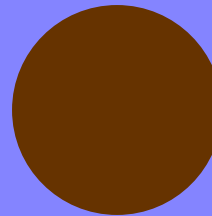


Lichtplanung

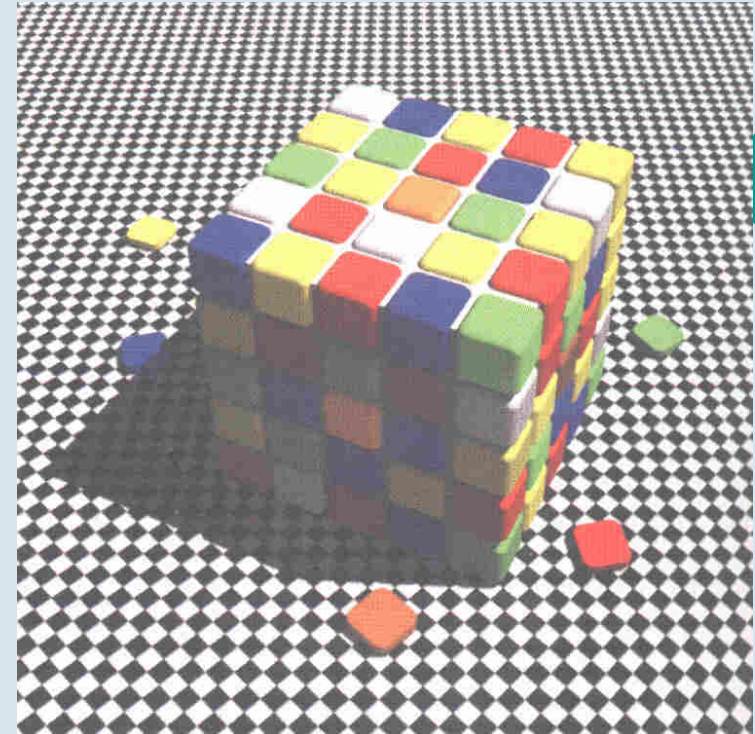
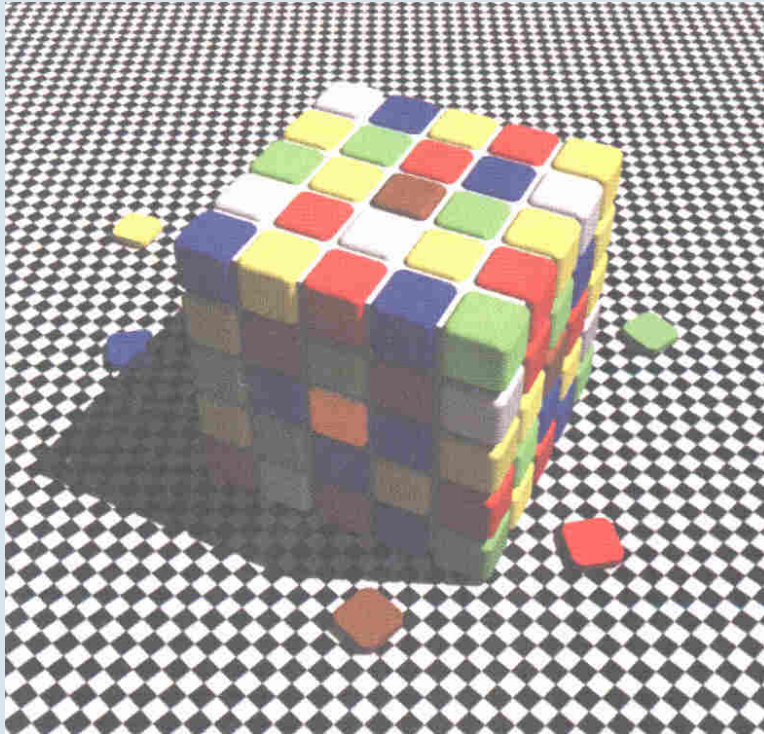
Farbe



Äuge sieht was das Gehirn weiß



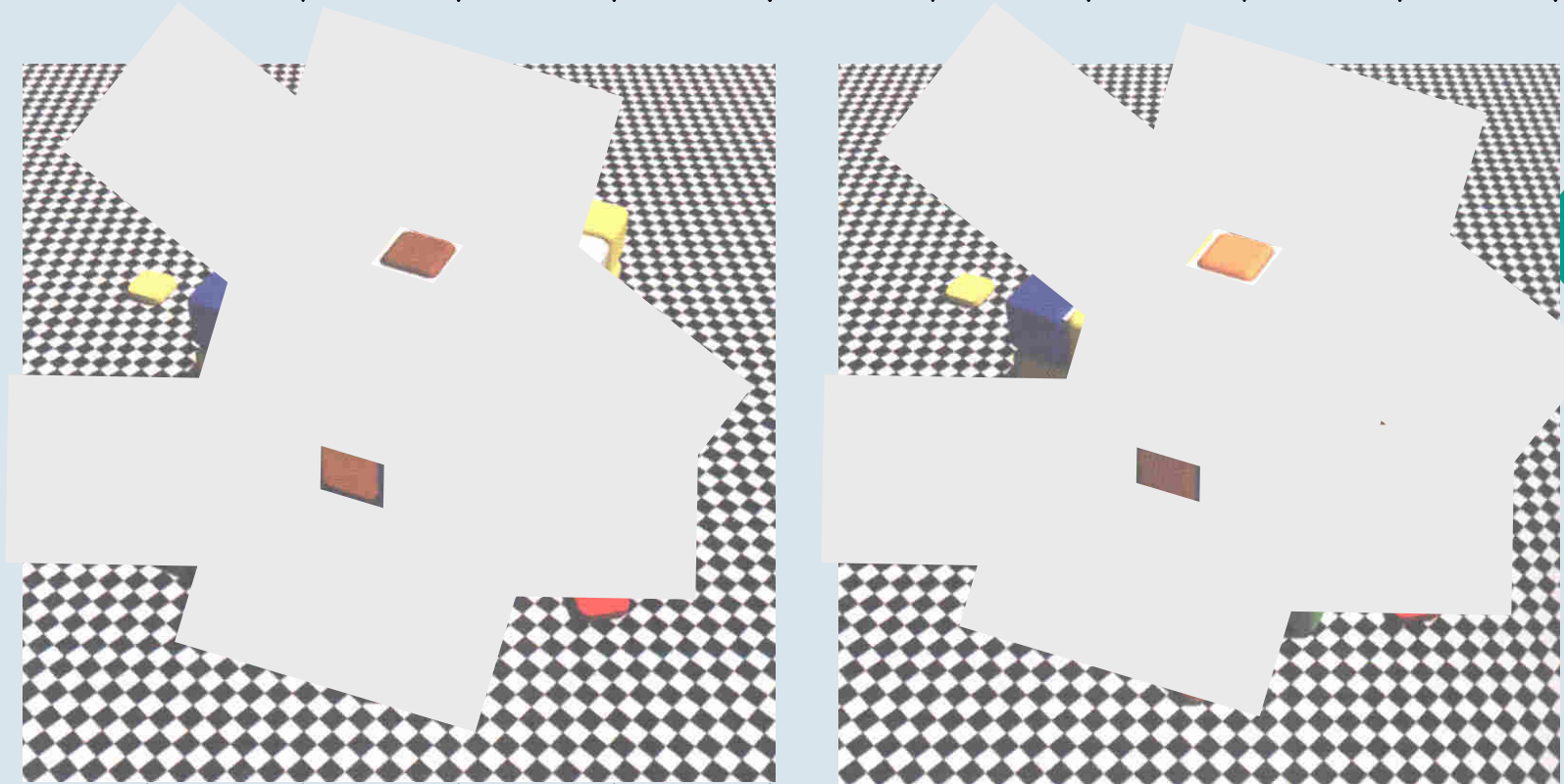
Lichtplanung



Aus Purves, Lotto; why we see what we do

Auge sieht was das Gehirn weiß

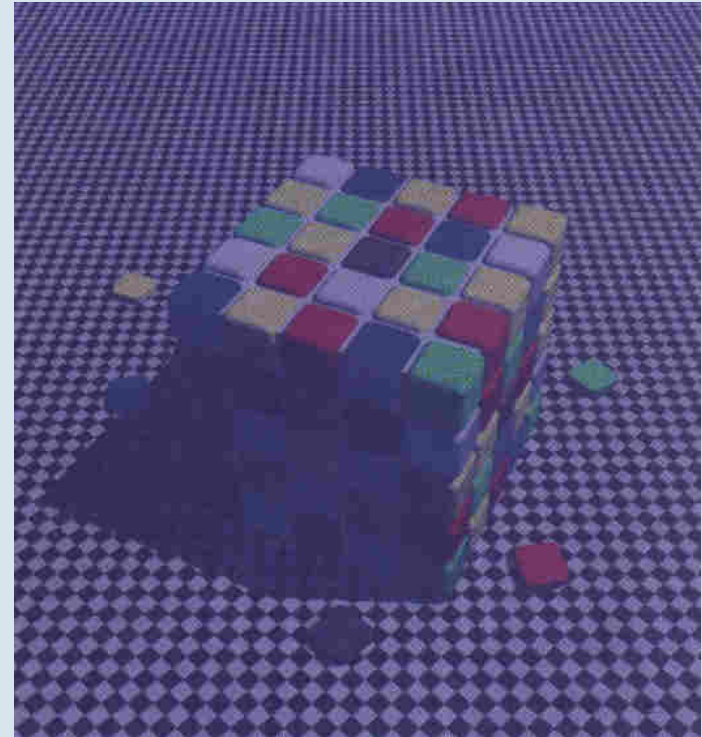
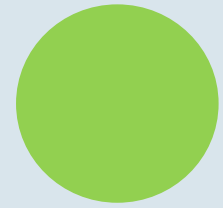
Farbe



Aus Purves, Lotto; why we see what we do

Auge sieht was das Gehirn weiß

Farbe



Aus Purves, Lotto; why we see what we do

Auge sieht was das Gehirn weiß

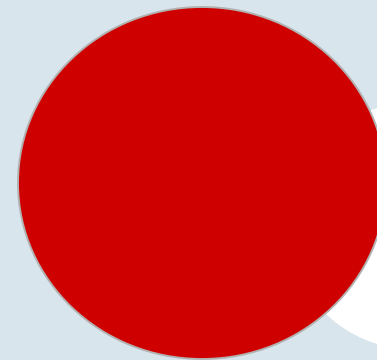
Auge



Lichtplanung

Grün wirkt heller als blau, obwohl weniger Strahlung davon ausgeht

Was ist Licht ?

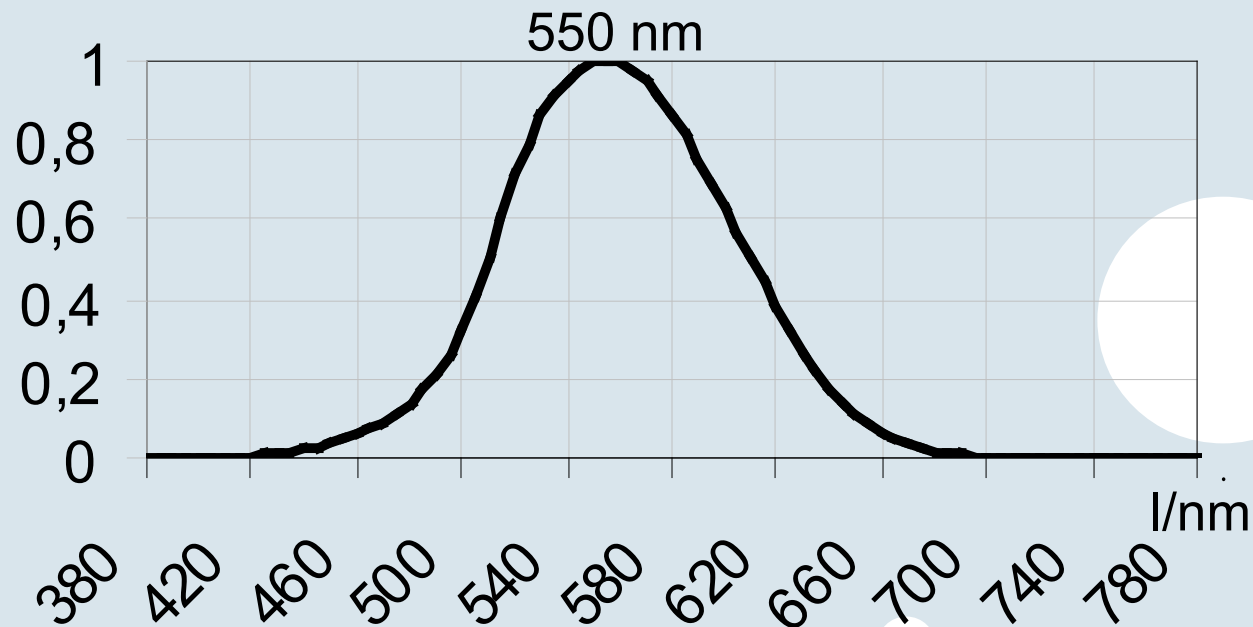


Grün wirkt heller als rot, obwohl weniger Strahlung davon ausgeht



Empfindlichkeit Auge V(l)-Kurve

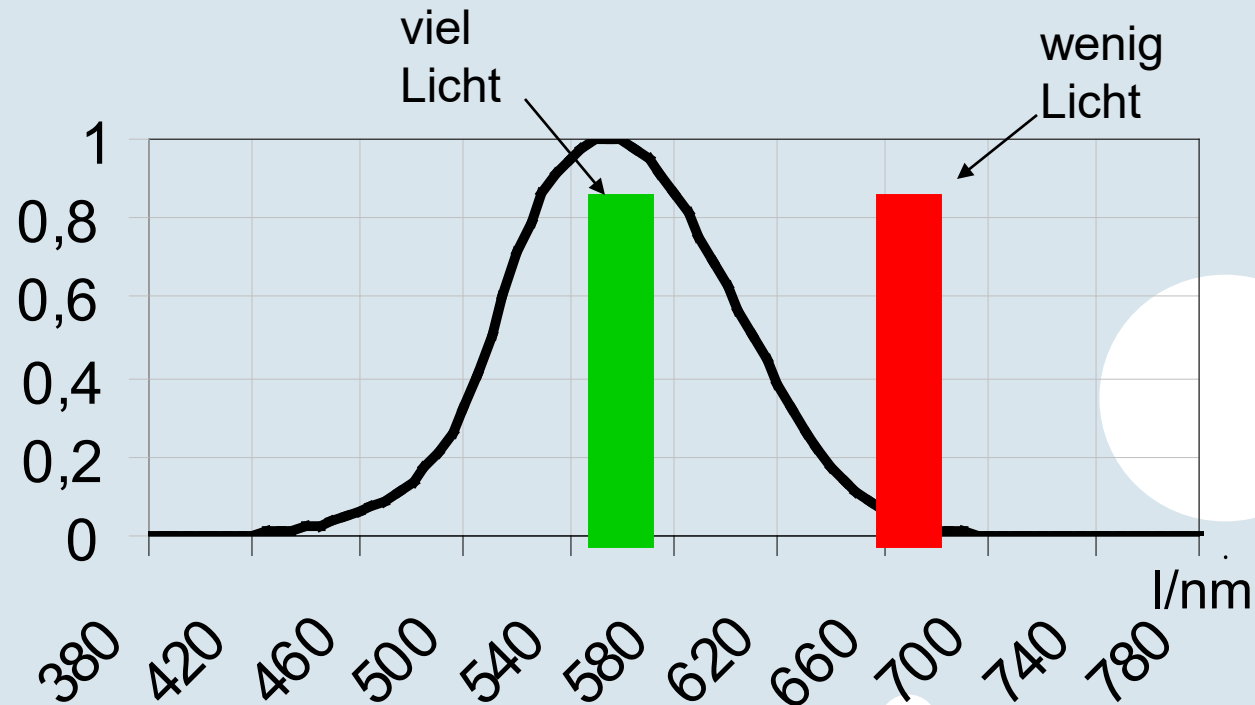
CIE 2° Daten xyz



Tageslicht, 2° Öffnungswinkel, definierte Umgebung

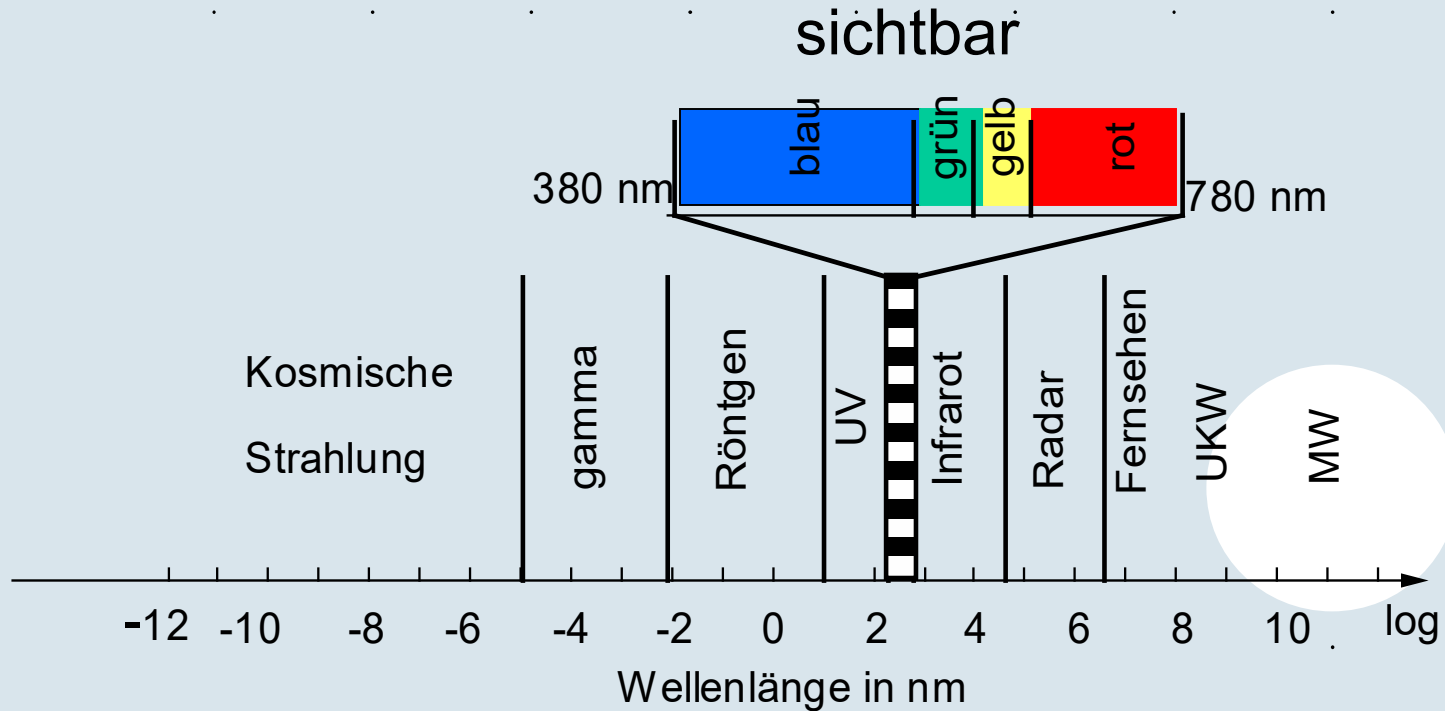
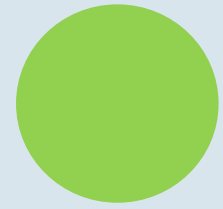
Gemittelte Kurve über viele Personen

Licht vom Auge bewertete Strahlung

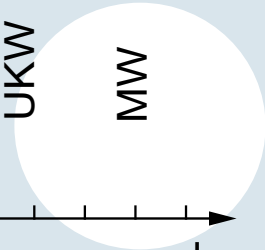


Gleich viel Strahlung, aber unterschiedlich viel Licht

Elektromagnetisch Strahlung



Lichtplanung



Aufbau der Netzhaut

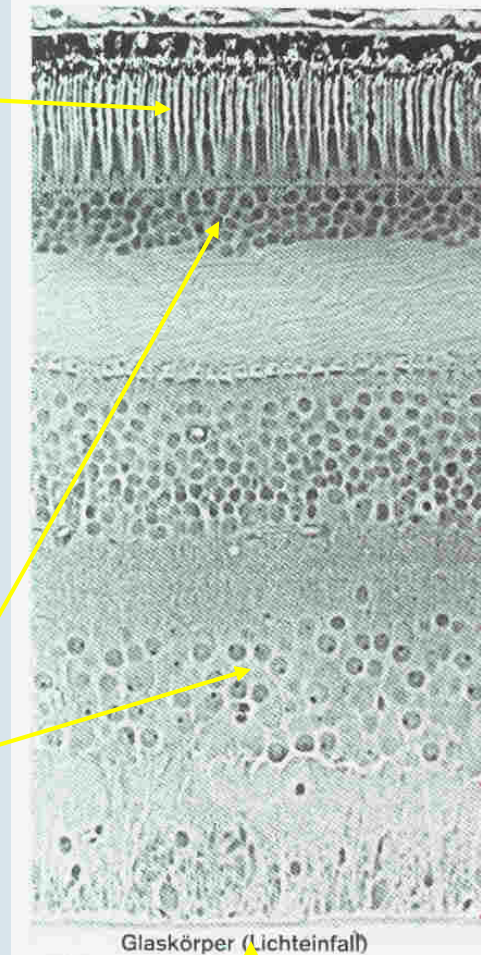
HTWG

Aus Physiologie-Lehrbuch
(Klinke, Silbernagl, Thieme Verlag)

Sehzellen

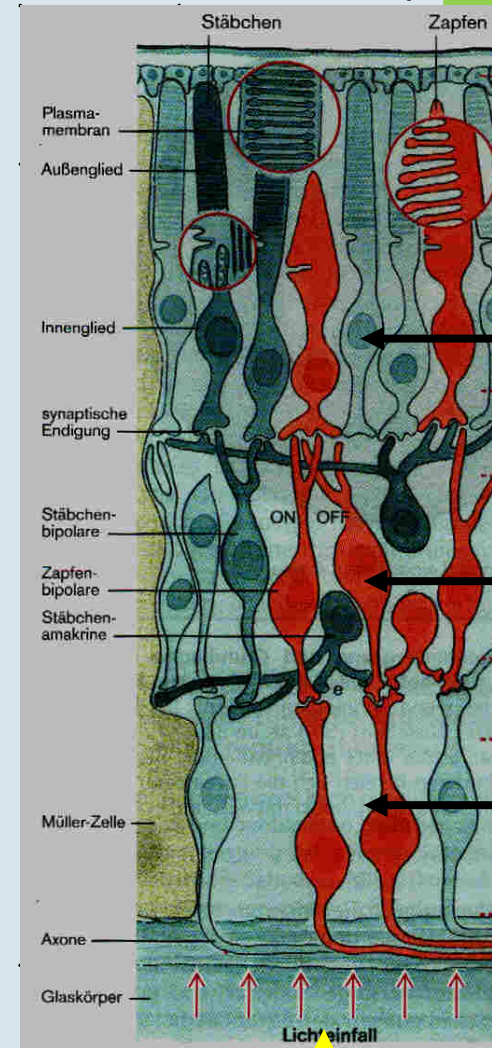
Netzhaut

Nervenzellen



Stäbchen

Zapfen

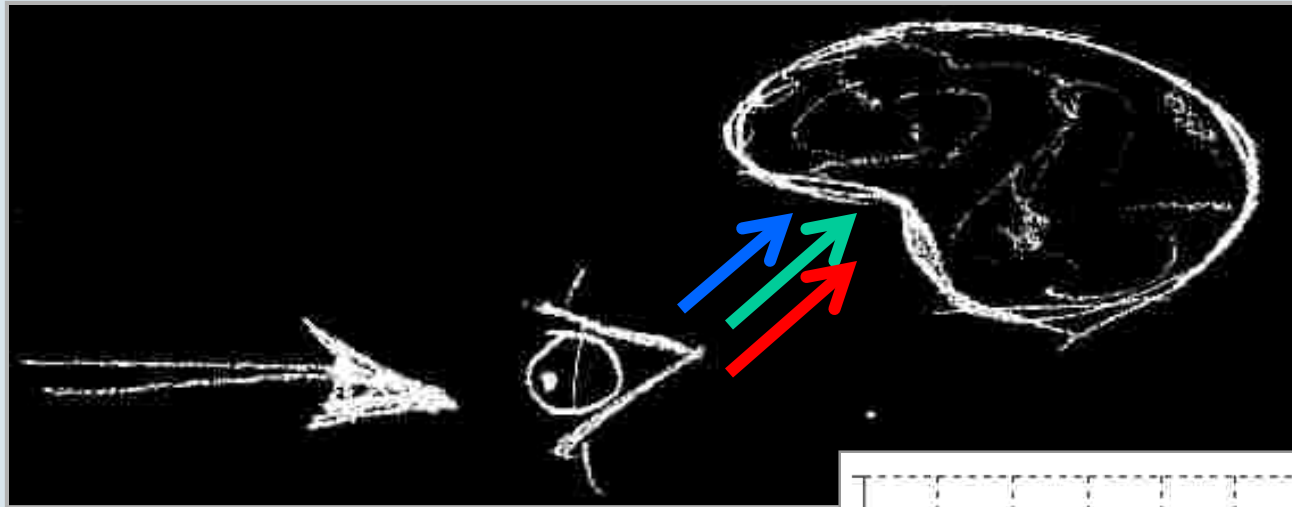


3 Schichten verarbeitende Zellen

Licht

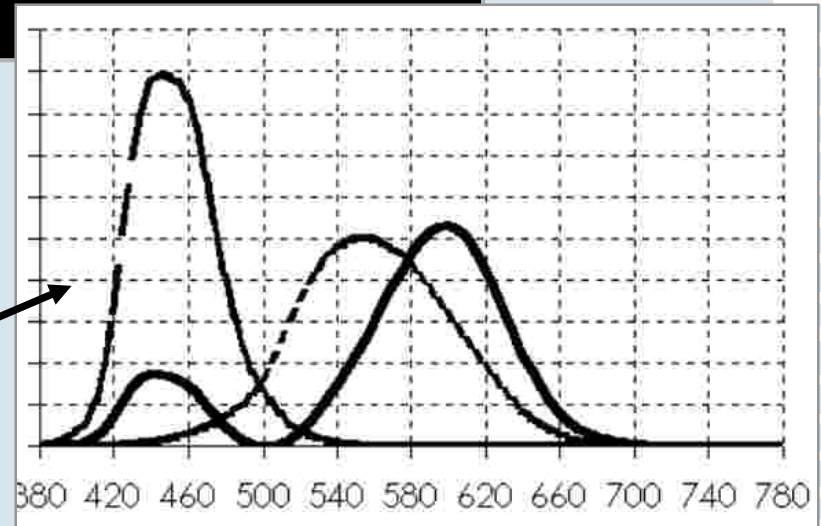
Lichtplanung

Farbe (Standard-Modell)



Netzhaut hat 3 unterschiedliche Zapfen

Das sind die Empfindlichkeiten der 3 unterschiedlichen Sehzellen



Wird Zapfen-Tripel gleich gereizt entsteht gleicher Farbeindruck

Beispiel: ww-Leuchtstofflampe - Glühlampe



3 Zapfen-Werte

1 Helligkeits-Wert

2 Farben-Werte

x, y

L

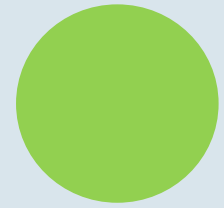
-

ab



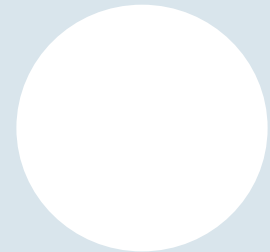
Wird Zapfen-Tripel gleich gereizt entsteht gleicher Farbeindruck





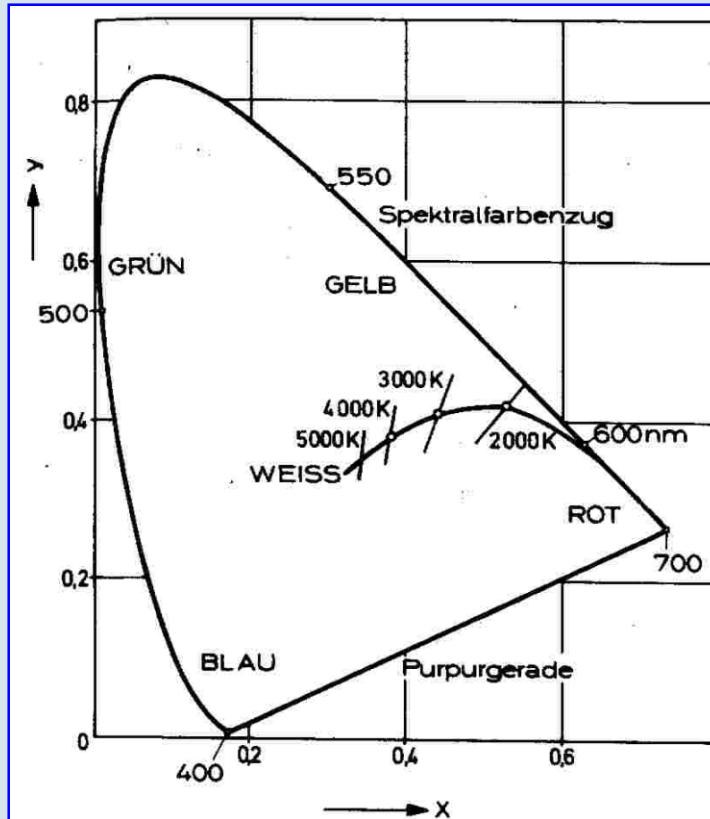
Weiß

Alle 3 Zapfen sind gleich gereizt



Alle Farben sind in dem Farbdreieck darstellbar

- Außen liegen die „Regenbogenfarben“, also die ganz reinen, kräftigen Farben
- Innen liegen die gedeckten Farben.
- Und ganz in der Mitte weiß



Farbdreieck

Jede Farbe ist durch die beiden Werte x und y festgelegt

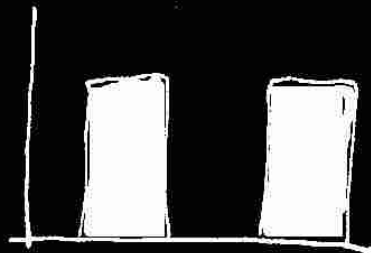
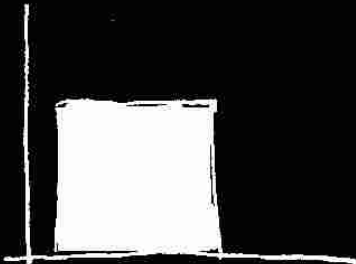
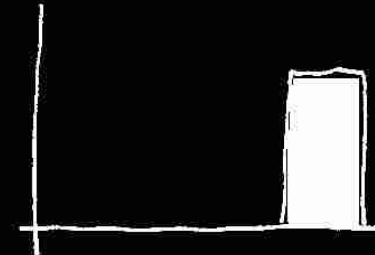
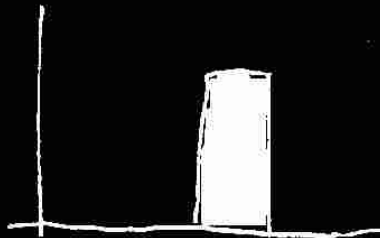
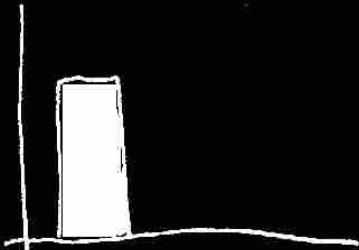
Farbe ist abhängig von Lampe und Material

Farbe

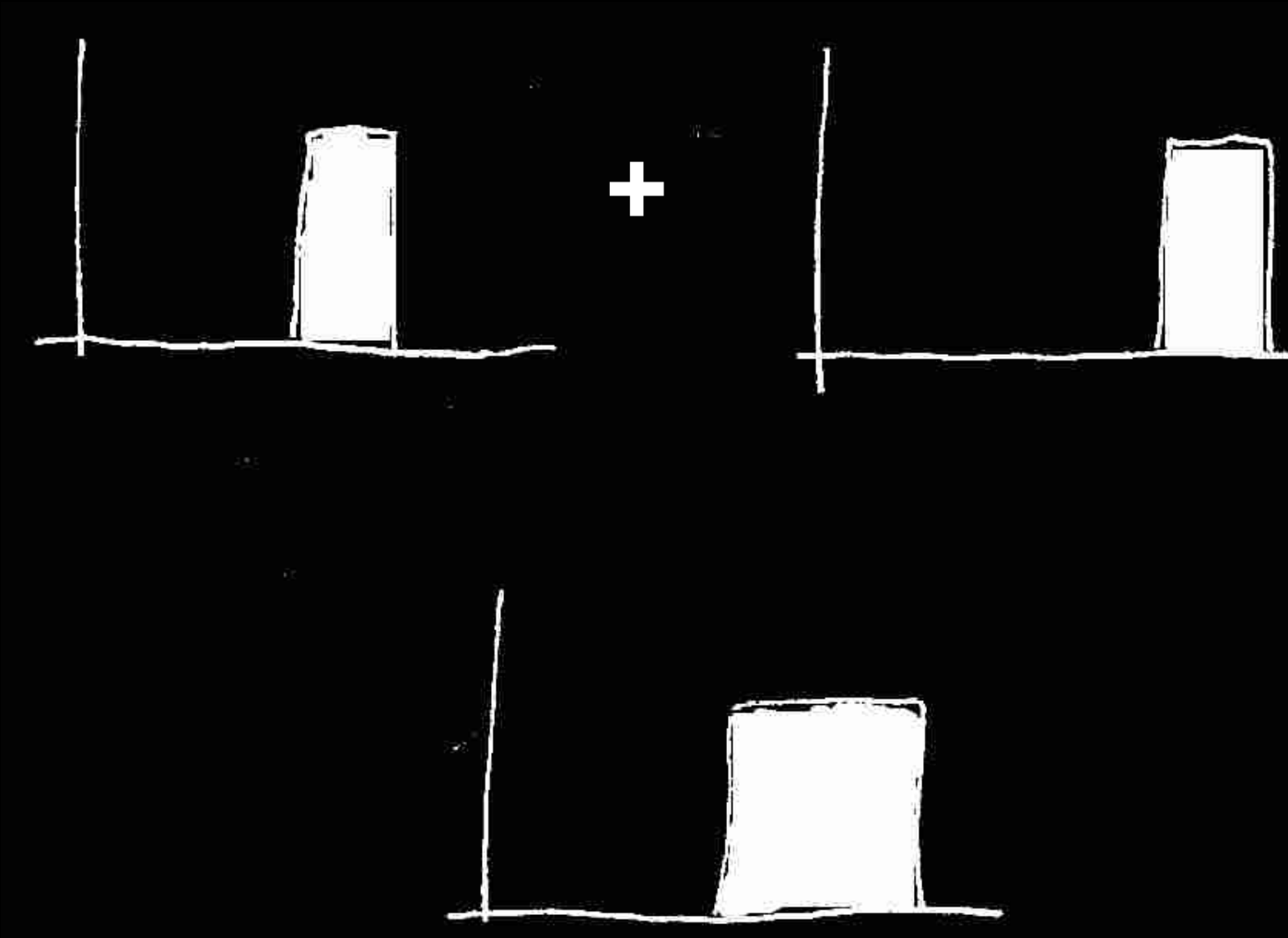
Bei den folgenden Grafiken ist aufgetragen

- Nach rechts (x-Achse) die Wellenlänge
- nach oben (y-Achse) die Intensität

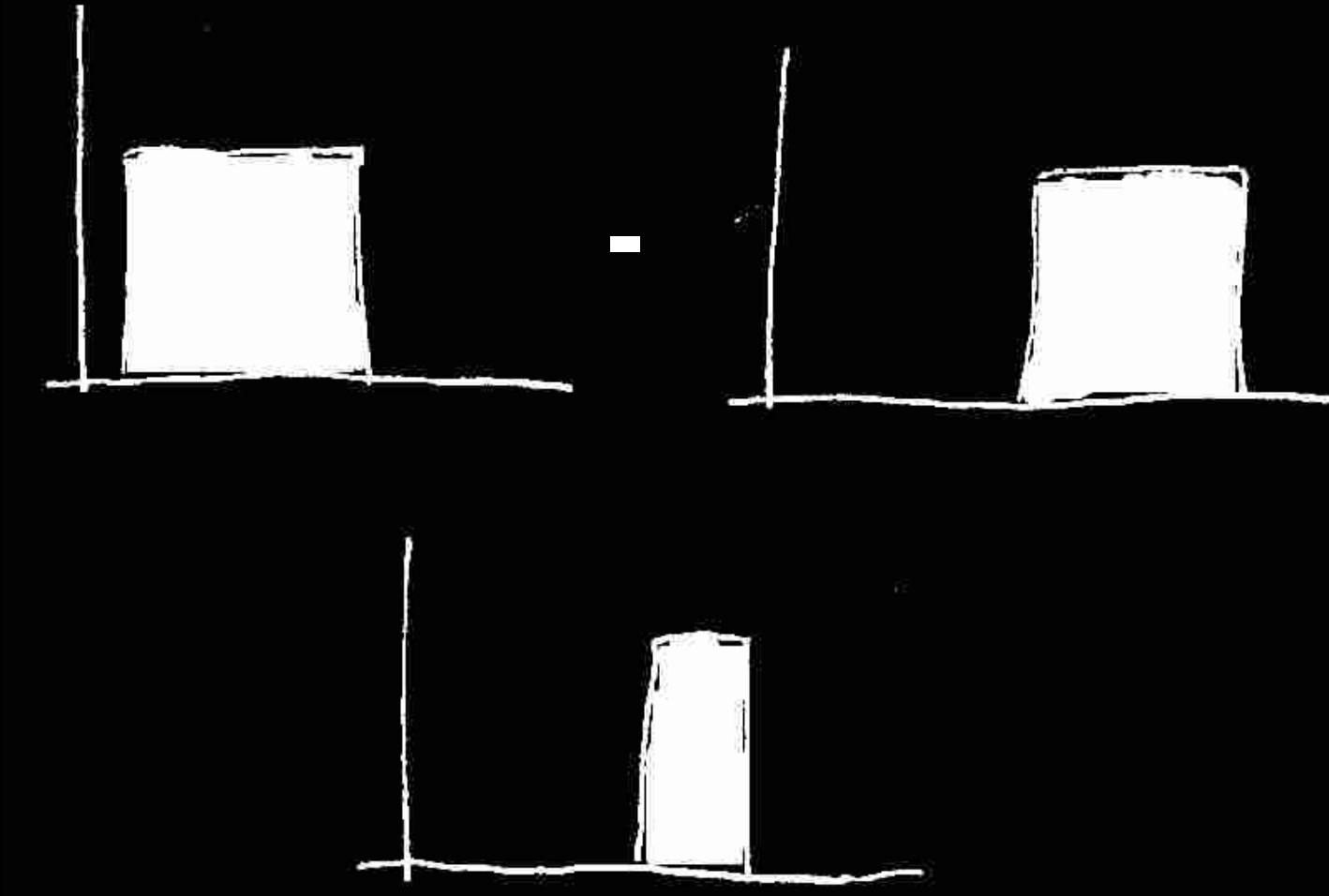
Weiß bedeutet: Diese Wellenlänge ist vorhanden



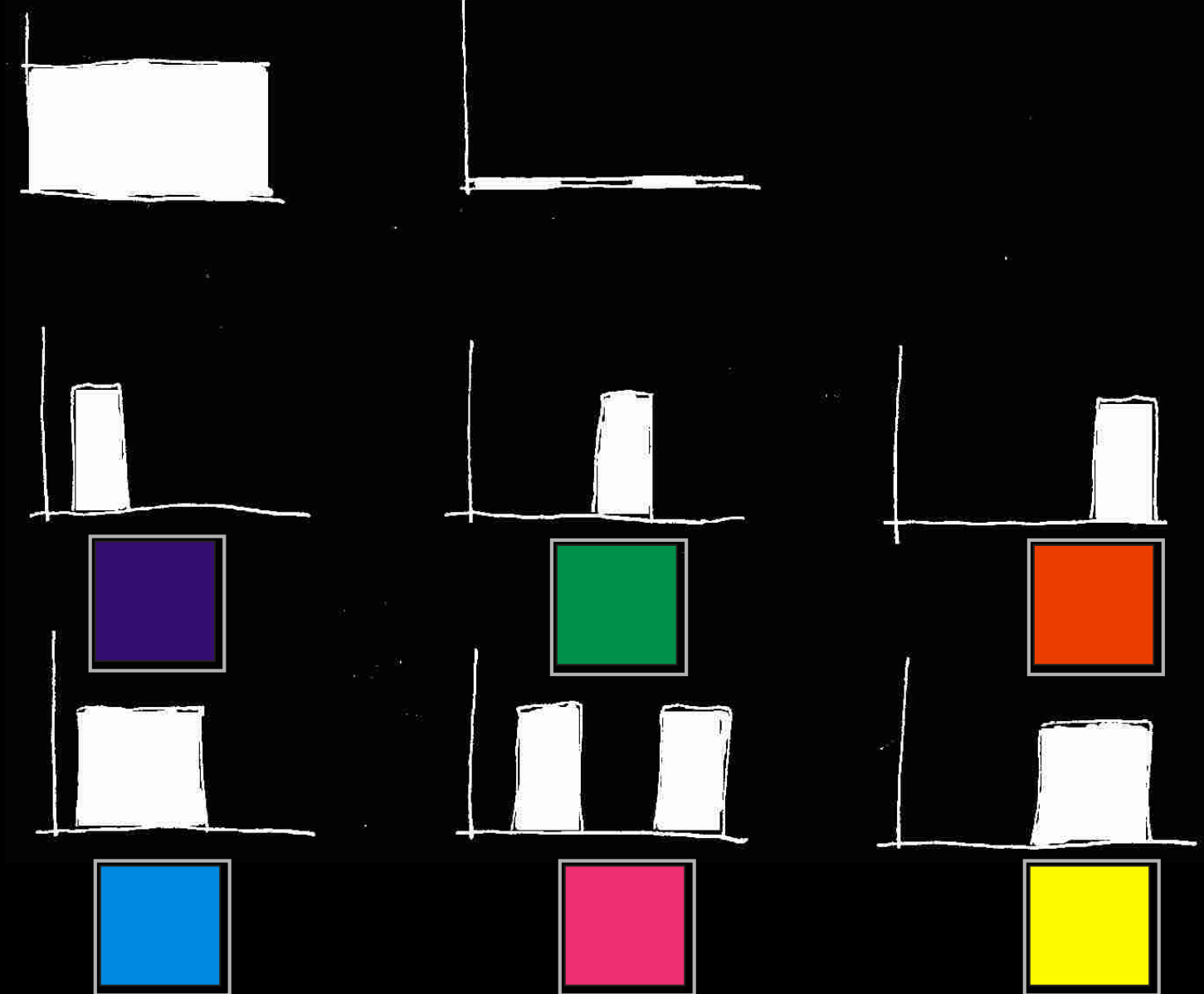
Additive Farbmischung



subtraktive Farbmischung

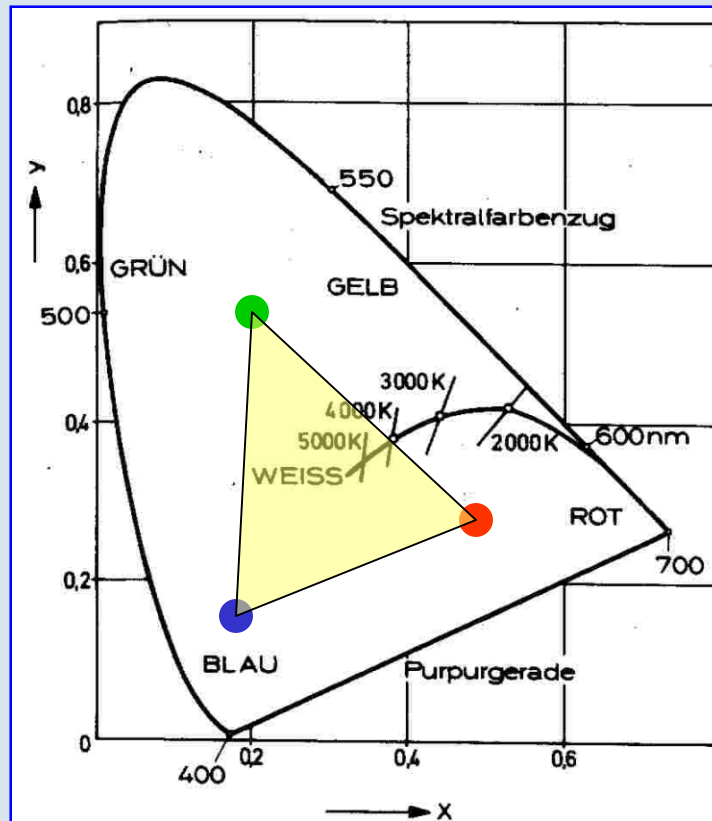


Farbe



Farbe

Additive Farbmischung

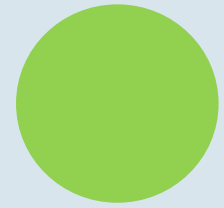
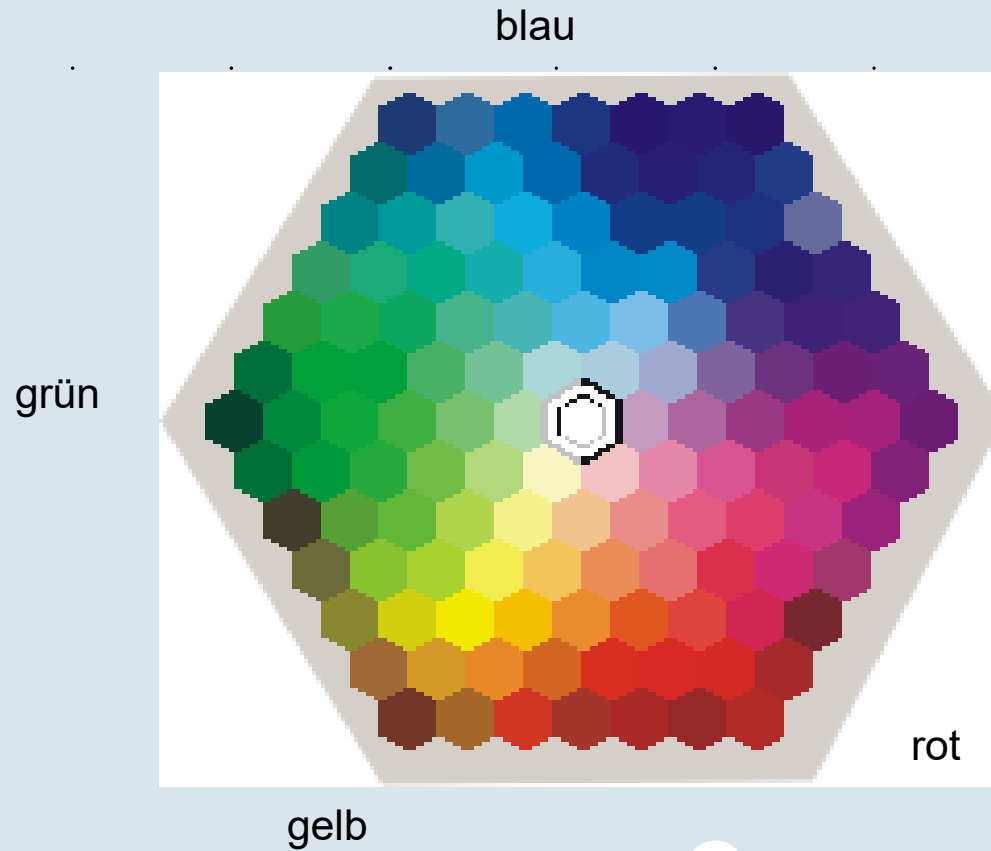


Mit 3 Farben
lassen sich
andere Farben
herstellen

alle liegen
innerhalb des
aufgespannten
Dreiecks

Gesättigte Farben können so nicht erzeugt werden

Komplementärfarben

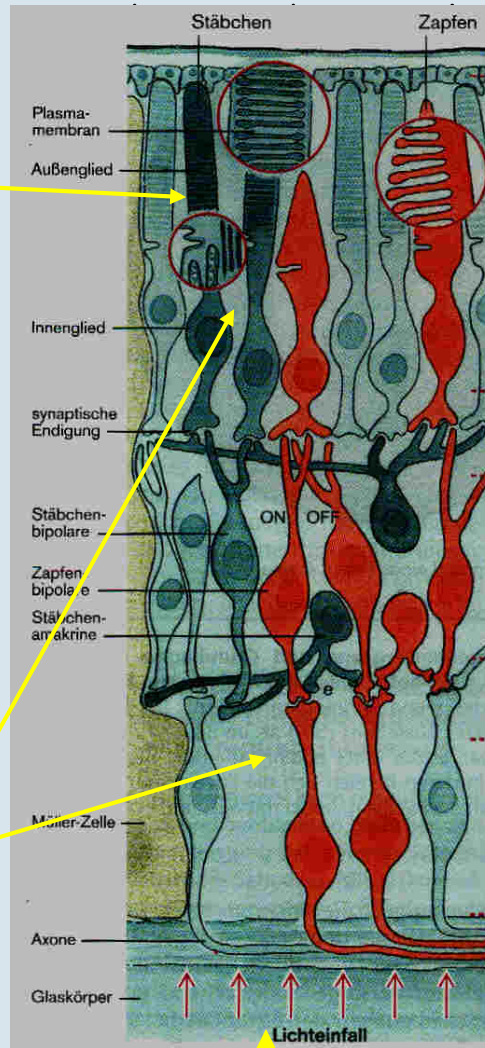


H
T
W
G

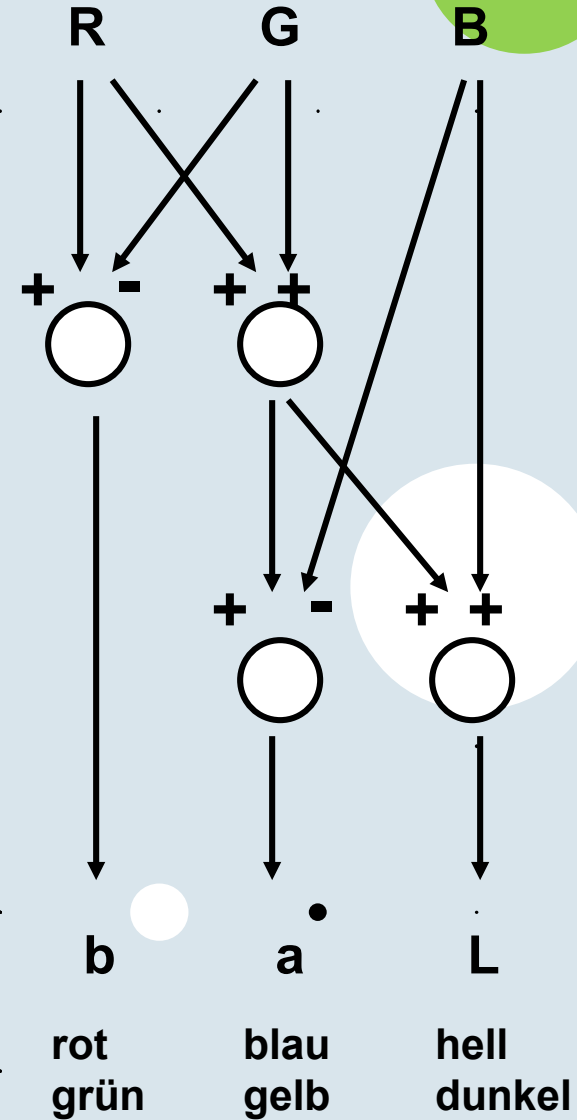
Sehzellen

Netzhaut

Nervenzellen

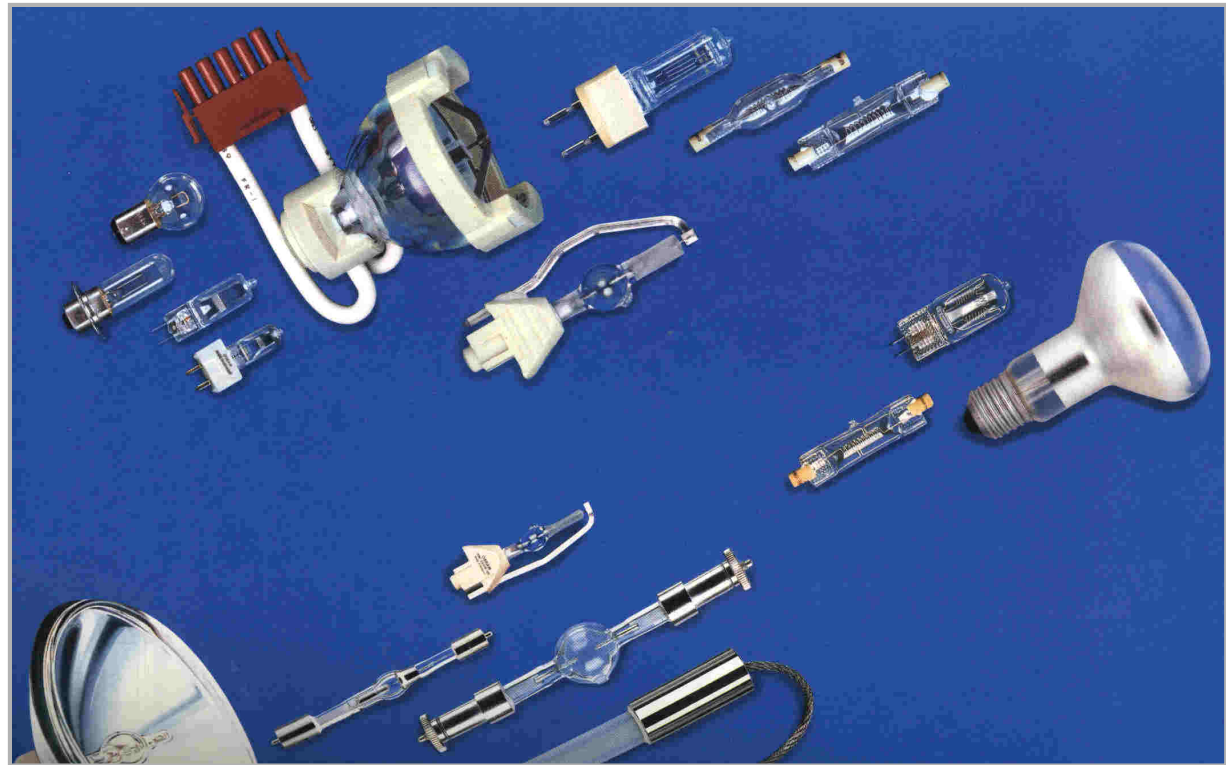


Licht



Lichtplanung

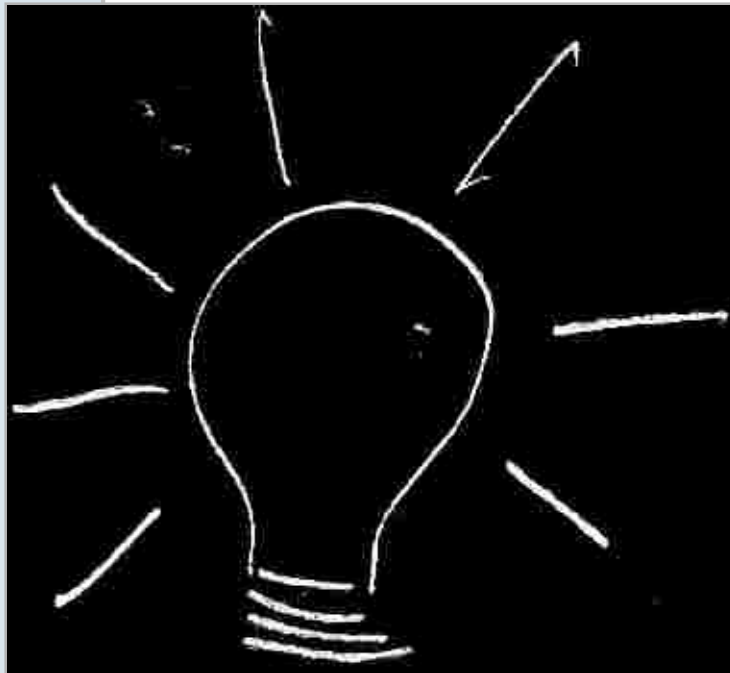
Wie wird Licht erzeugt ?



Lampen

Lichtstrom

Φ




Einheit: [lm] lumen

Gibt an wieviel Licht
von einer Lampe
erzeugt wird

Angabe der Lichtströme in Lampenkatalogen

Lichtstrom



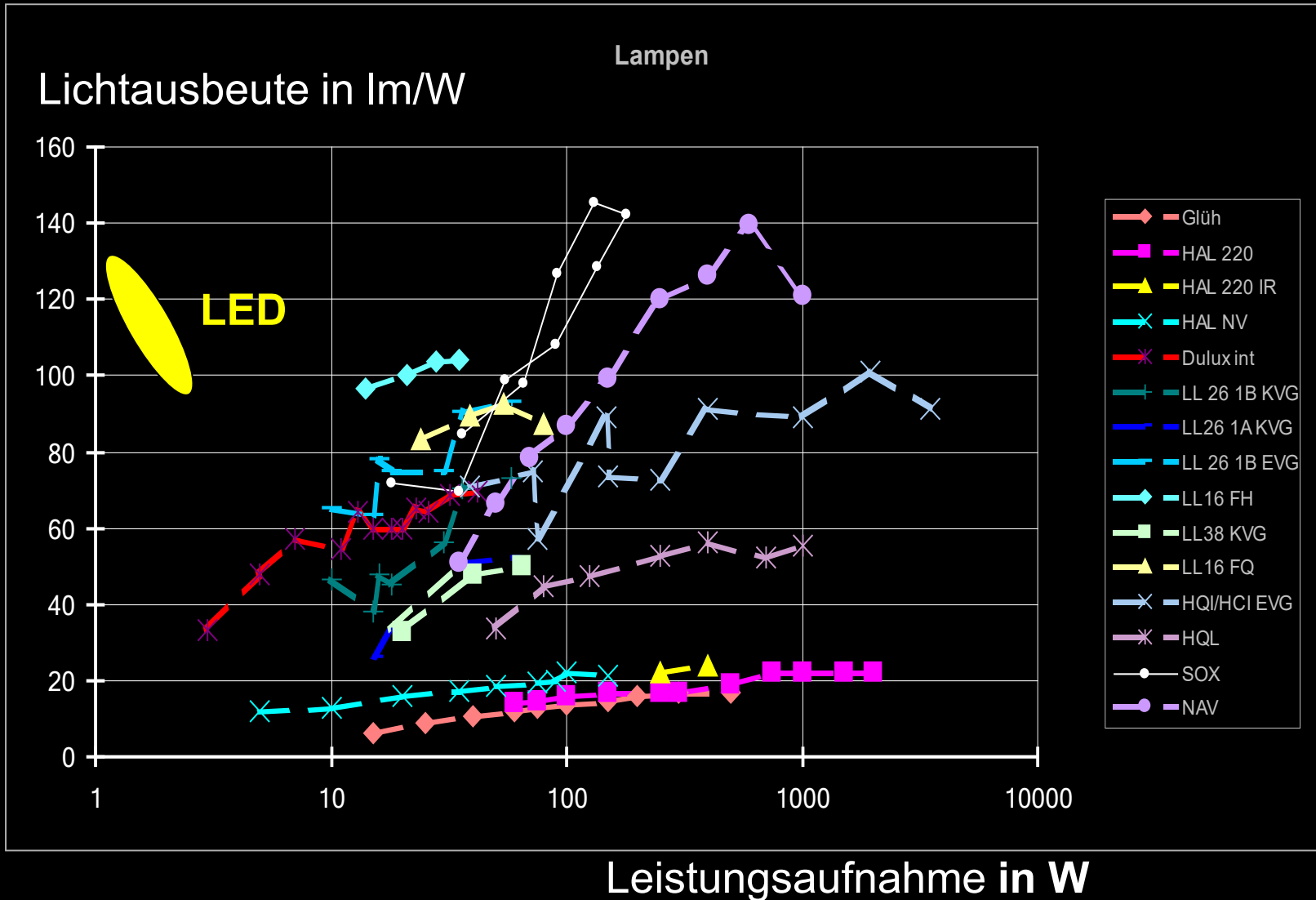
Typ	SOX 35 W
Lampenleistung W	37
Lampenstrom A	0,61
Lichtstrom lm	4800
Lichtausbeute lm/W	130
Durchmesser max. mm	54

El. Leistung

Lichtstrom

Lichtströme von Lampen

Lichtausbeute von Lampen



Lichtplanung

Lampen

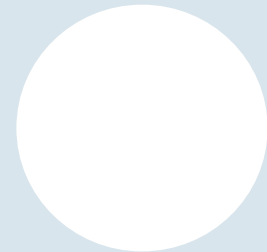
Leistung
Lichtstrom
Lichtausbeute

Größe
Anschlüsse / Sockel

Lichtspektrum
Lichtfarbe (warmes / kaltes Licht)
Farbtemperatur

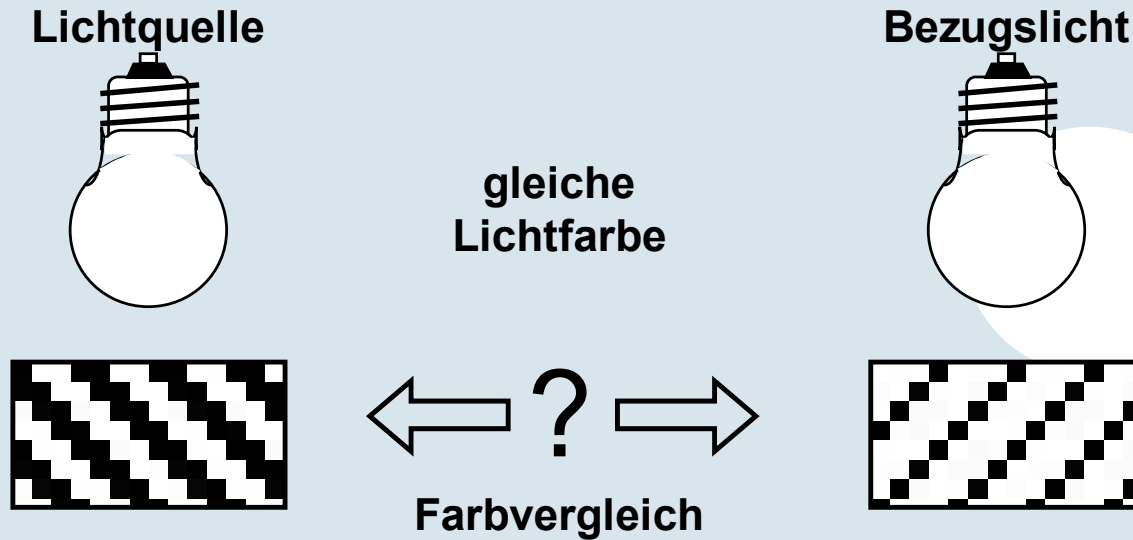
Kosten
Lebensdauer

Dimmbarkeit
Anschaltverhalten



Farbwiedergabe

Vergleich der Farbwirkung eines Stoffes unter der zu testenden Lampe und einer Normlampe

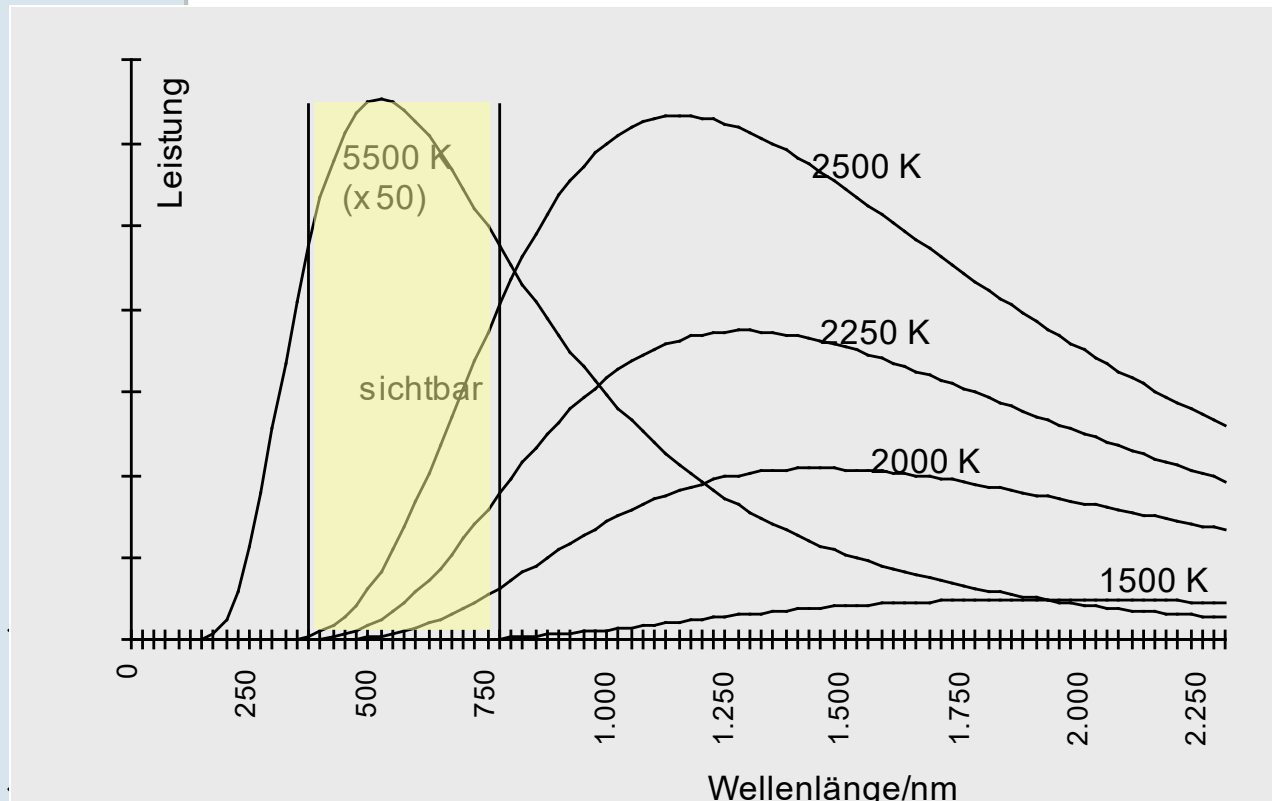


Identische Farben:
Farbverschiebung:

$R_a = 100$
 $R_a < 100$

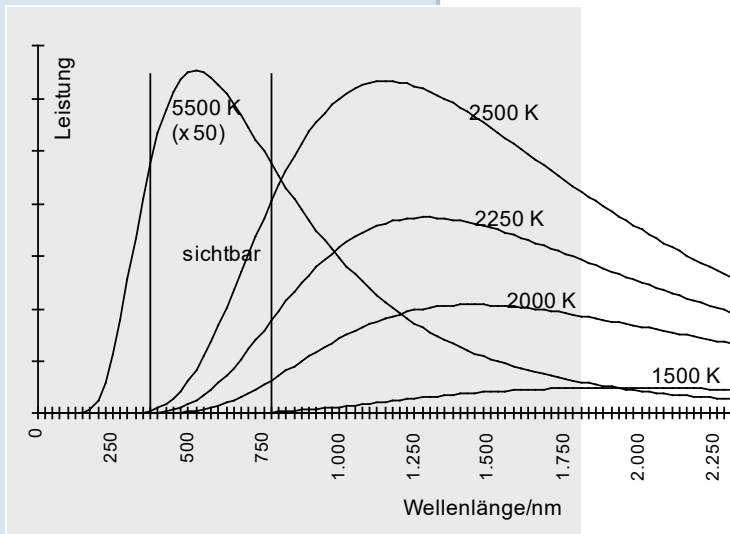
Temperatur Strahler

Jeder Körper auf einer Temperatur T strahlt elektro-magnetische Energie ab.



Temperatur Strahler

Jeder Körper auf einer Temperatur T strahlt elektro-magnetische Energie ab.

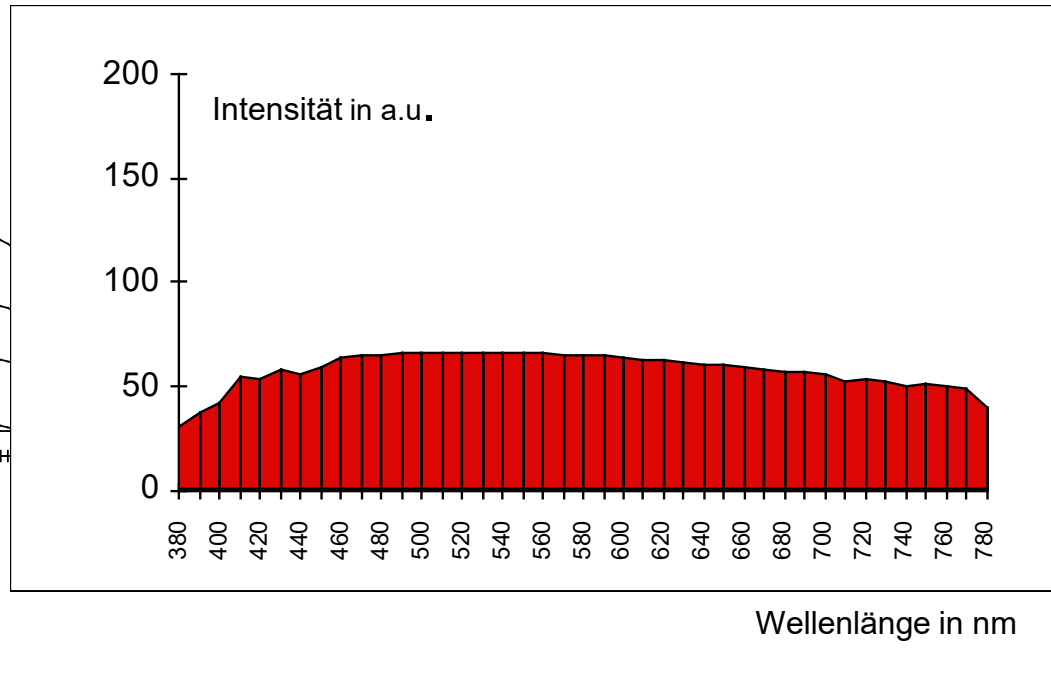
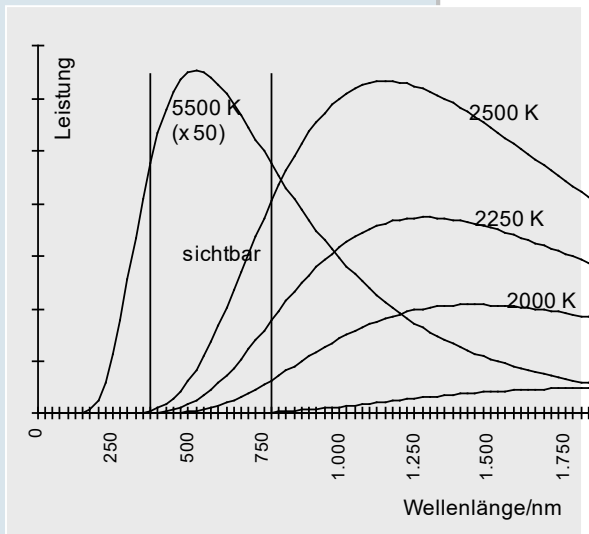


Je **höher** die Temperatur,
Desto **mehr** Licht und
desto **blauer** wird das Licht

Farbtemperatur einer Lampe:
Lampen Licht wird mit Temperatur
Strahler verglichen.

Sonne

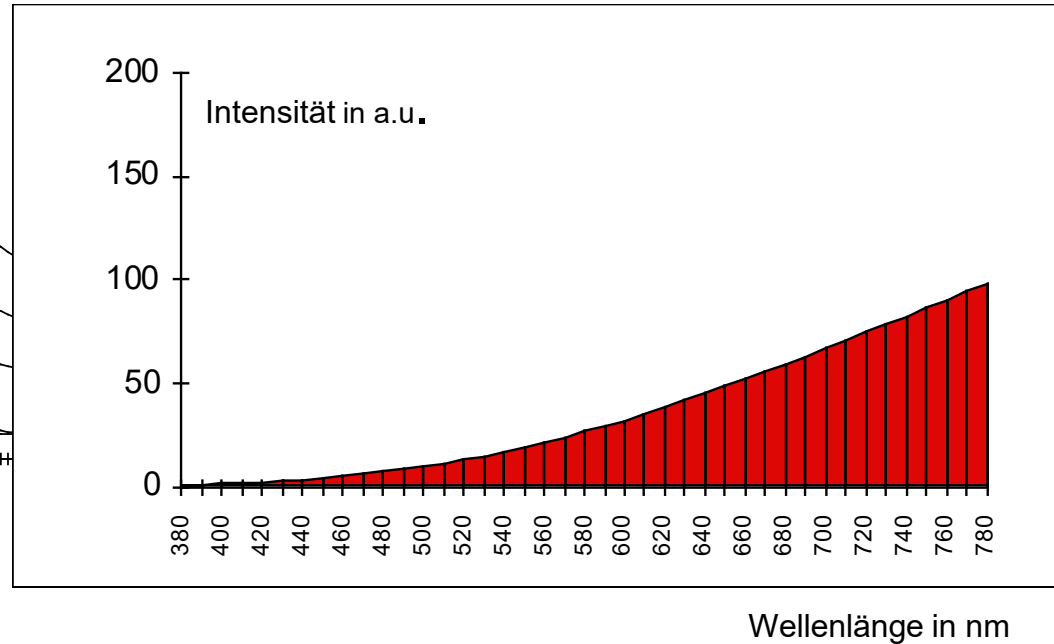
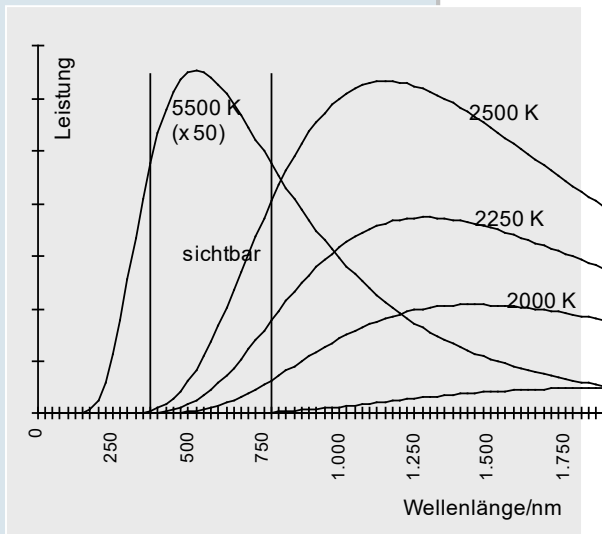
Die Oberflächentemperatur der Sonne beträgt
ca. 5500 K



Spektrum: alle Wellenlängen; UV und IR Anteil

Glühlampe

Ein heißer Draht strahlt Licht ab.



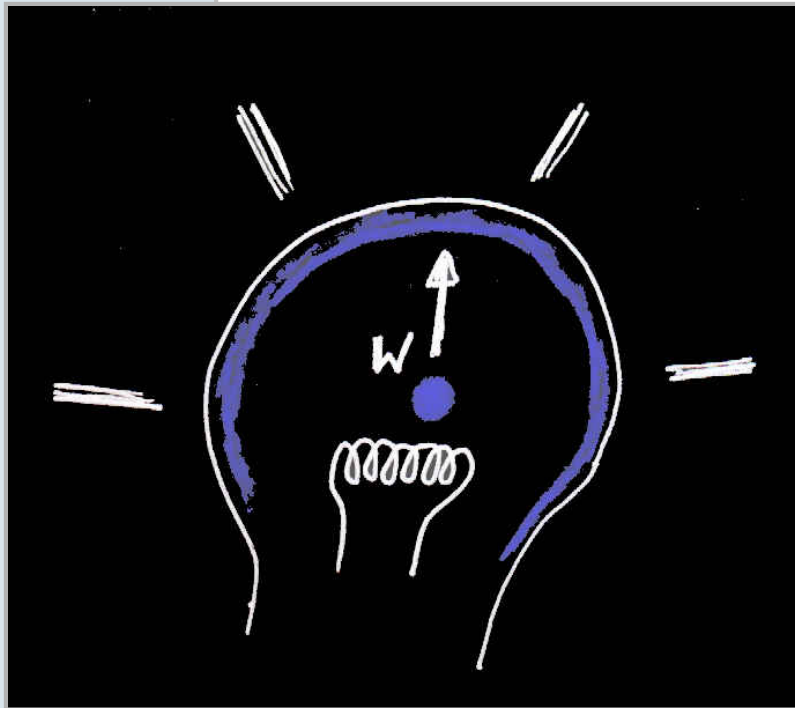
Spektrum: alle Wellenlängen; wenig UV; sehr viel IR

Allgebrauchs-Glühlampe

Leistung P	15 - 200 W
Lichtausbeute h	10 - 12 lm/W
Lebensdauer	1000 h
Farbwiedergabe Ra	100

Spektrum: alle Wellenlängen; wenig UV; sehr viel IR

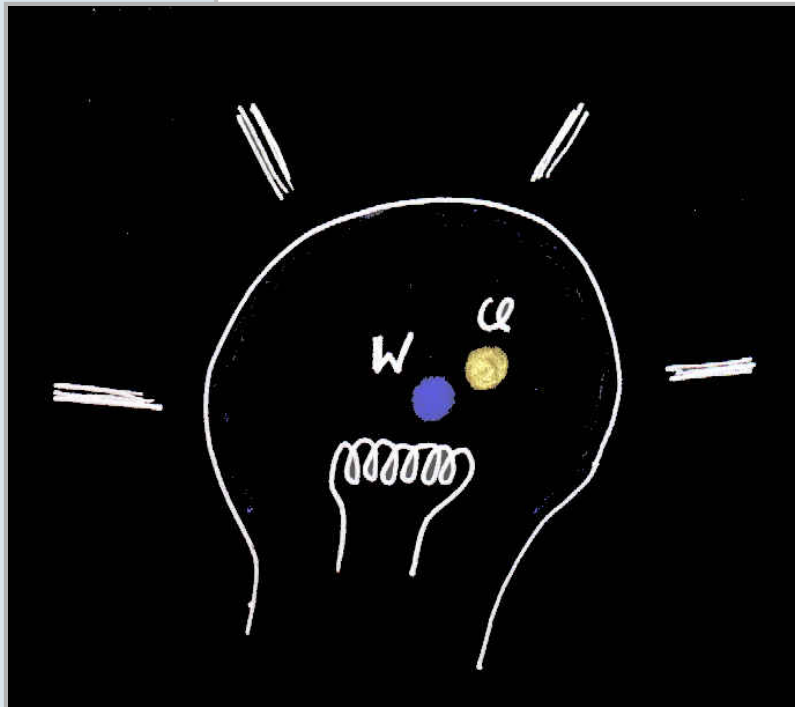
Allgebrauchs-Glühlampe



Wolfram verdampft

Wolfram kondensiert
am Glaskolben

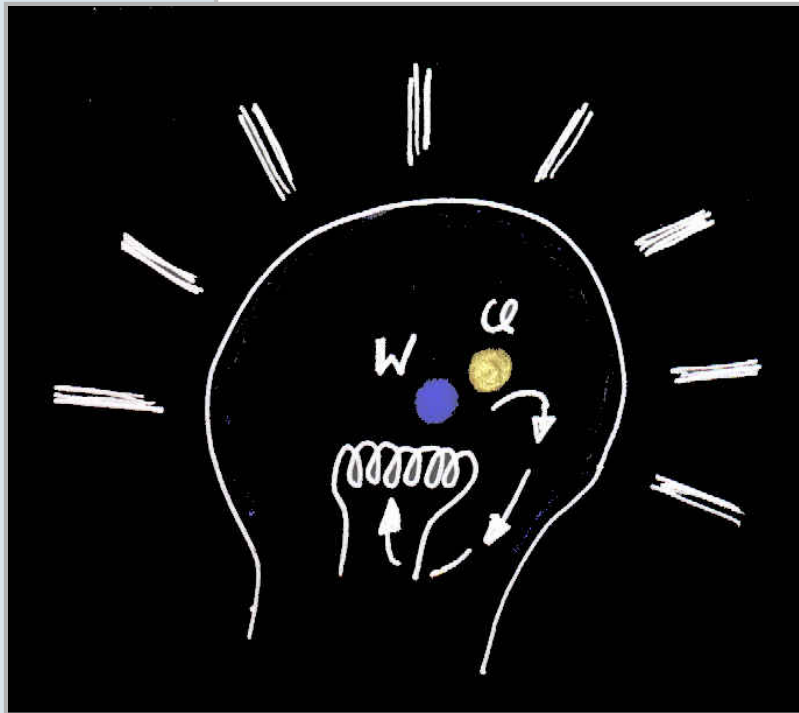
Allgebrauchs-Glühlampe



Chlor-Gas im Glaskolben

Wolfram verbindet sich
mit Chlor und kann nicht
mehr kondensieren

Halogen-Glühlampe



Chlor ist ein Halogen

Konvektion hält Wolfram
im Kreislauf

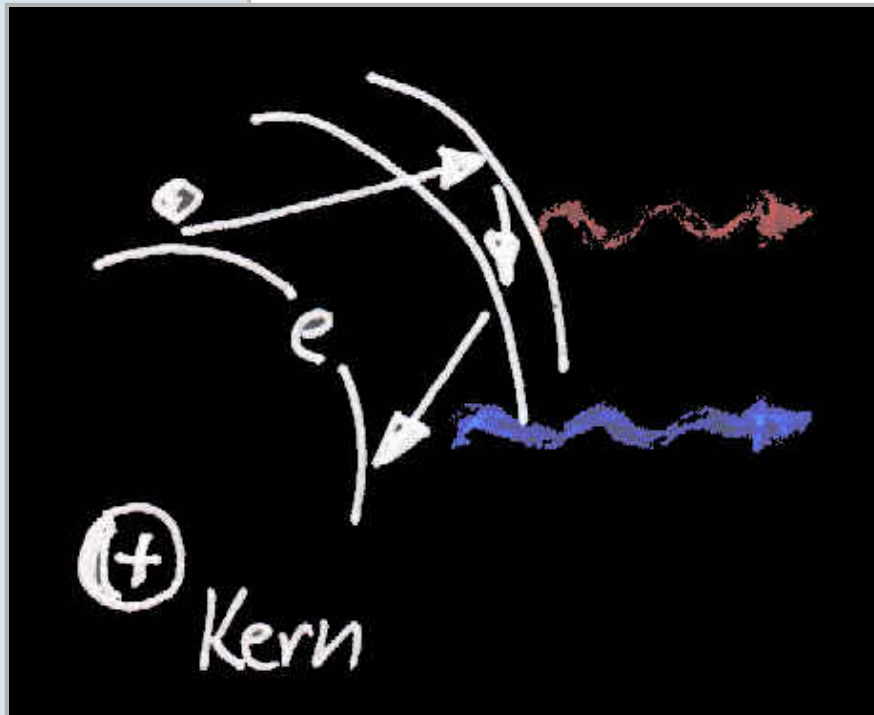
Erhöhung der Temperatur
und längere Lebensdauer

Halogen-Glühlampe

Leistung P	15 - 2000 W
Lichtausbeute η	15 - 20 lm/W
Lebensdauer	2000 h
Farbwiedergabe Ra	100

Spektrum: alle Wellenlängen; etwas UV; viel IR

Entladungs-Lampe

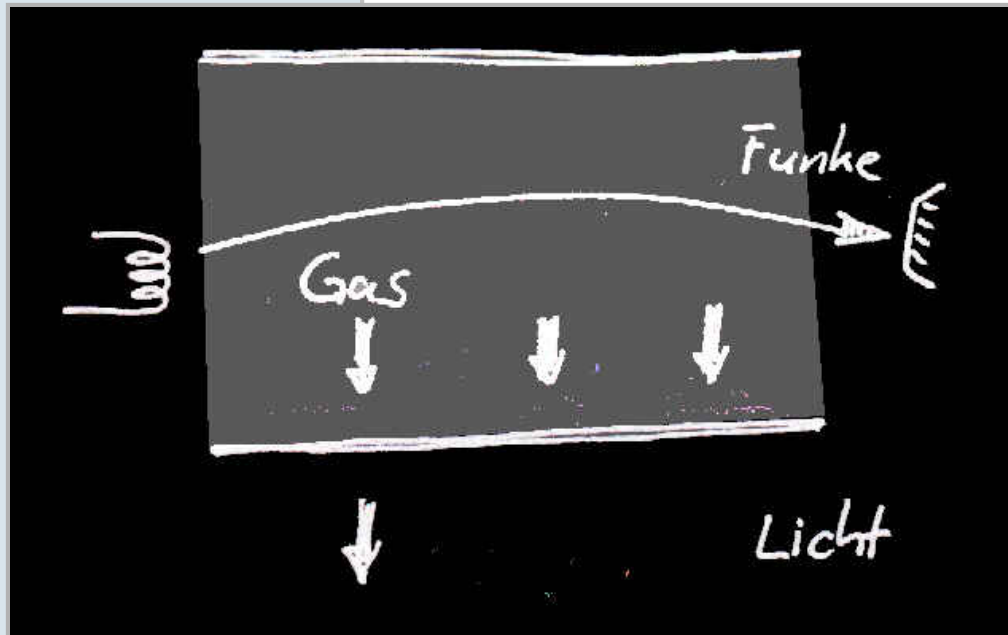


Jedes Atom sendet
charakteristische
Strahlung aus

Bau einer Lampe

Atom anregen
Licht-Linie erscheint

Entladungs-Lampe



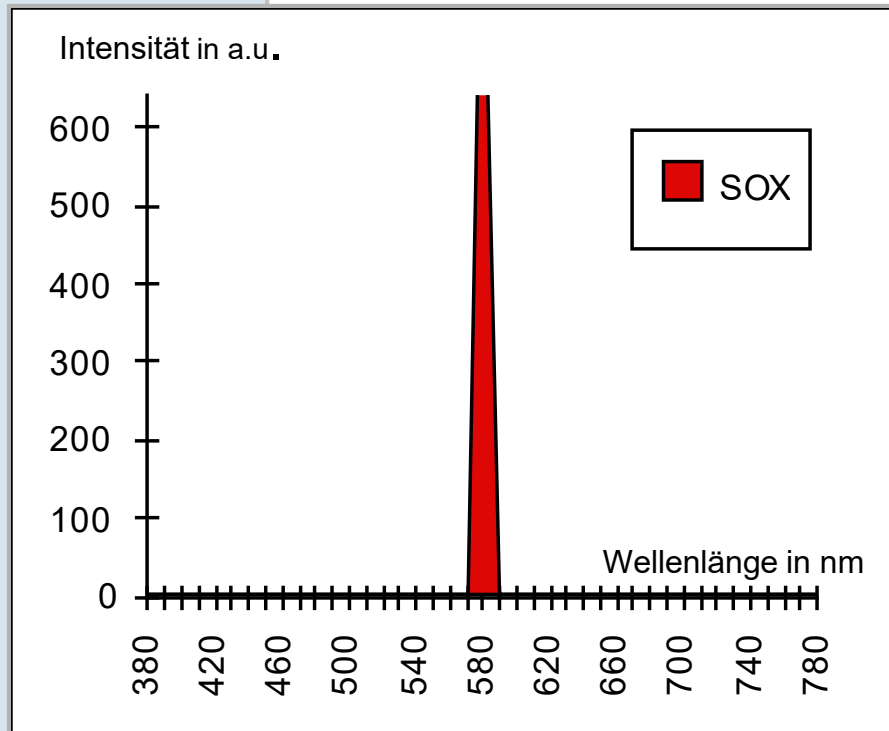
Überschlag regt
Gas an

Gas sendet
Lichtlinie aus

Geräte nötig für

- Gas erwärmen
- Überschlag erzeugen
- Strom begrenzen

Entladungs-Lampe



Jedes Atom sendet
charakteristische
Strahlung aus

Bau einer Lampe

Atom anregen
Licht-Linie erscheint

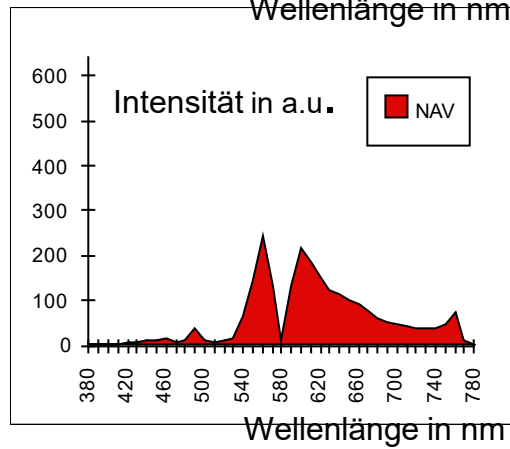
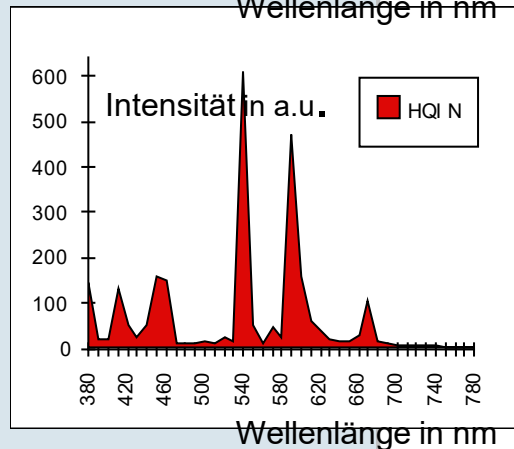
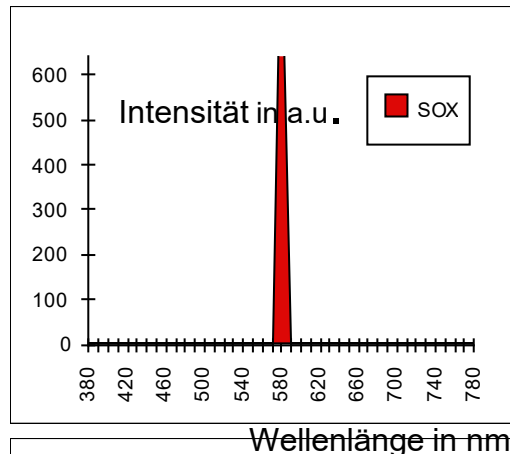
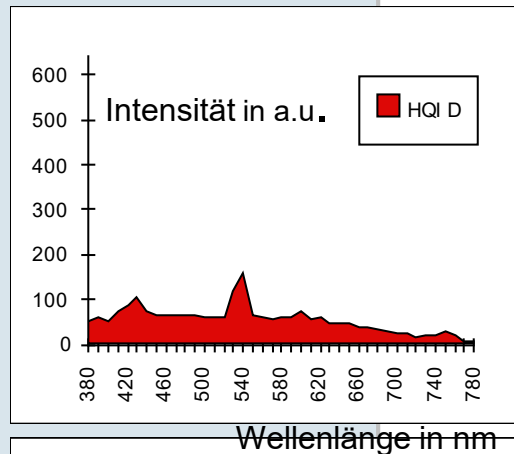
Natrium Niederdruck Lampe
bis 200 lm/W

Entladungs-Lampe

Jedes Atom sendet
charakteristische
Strahlung aus

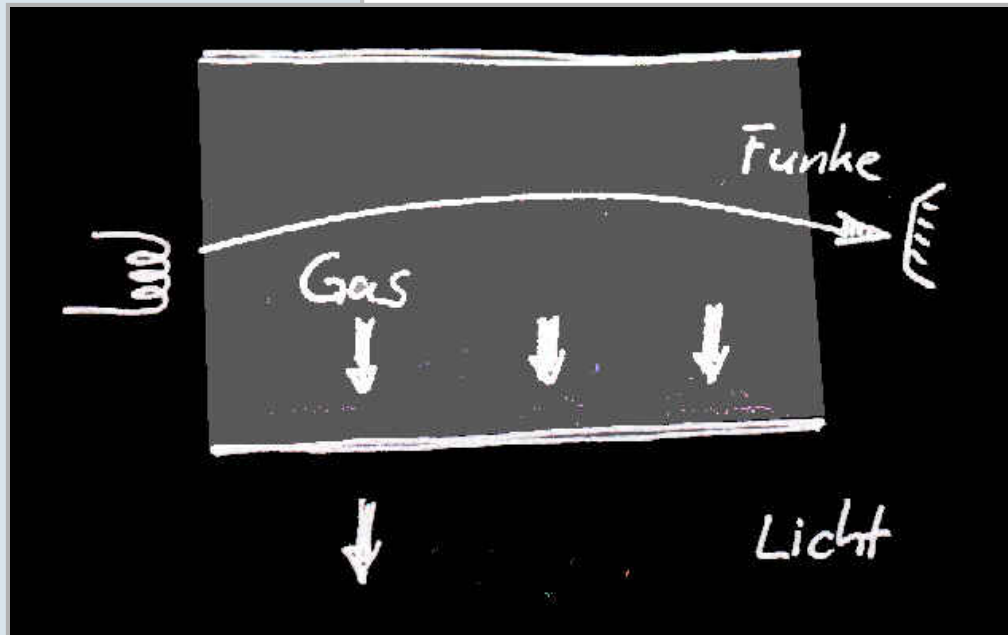
Kompakte Bauform

Außer HQI/HIT/CDM
keine im Innenraum
verwendbar

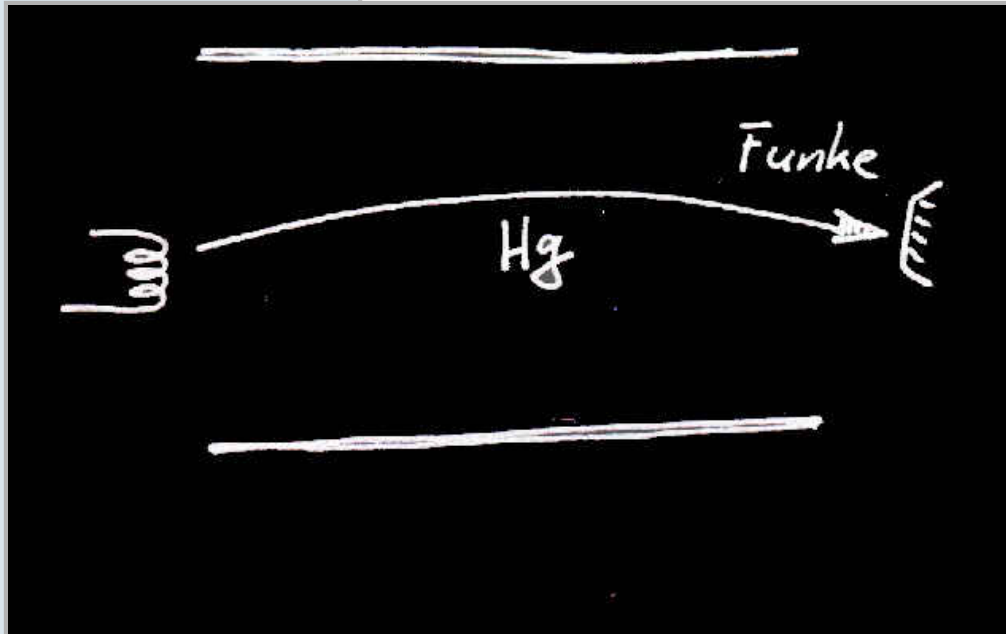


HIT Lampe
bis 60 - 100 lm/W; 8000 h
Anschalt- und Dimmverhalten beachten

Leuchtstoff-Lampe



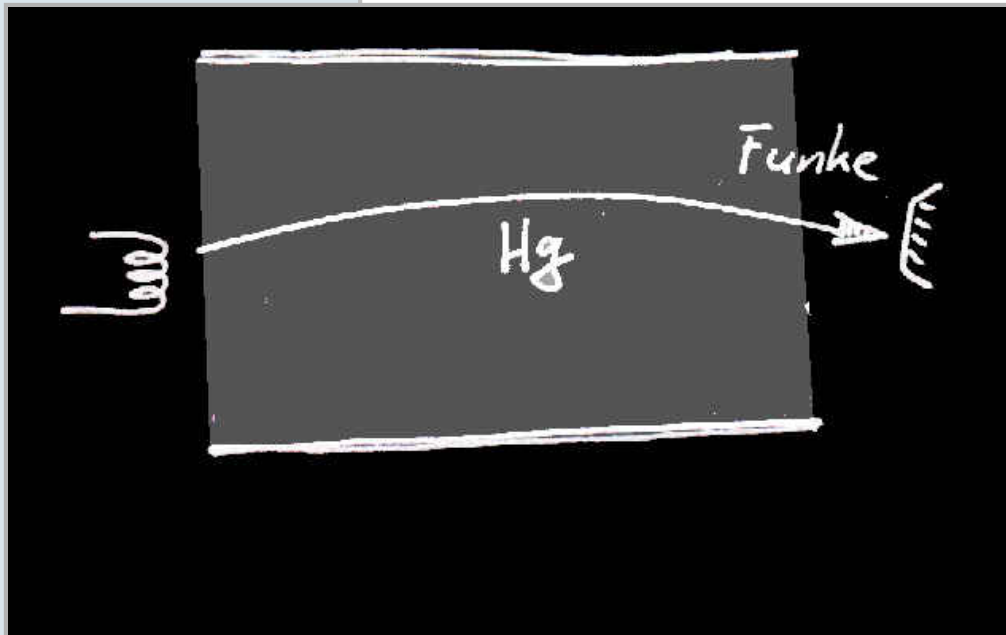
Leuchtstoff-Lampe



Verwendung von
flüssigem
Quecksilber

Achtung:
Sondermüll

Leuchtstoff-Lampe

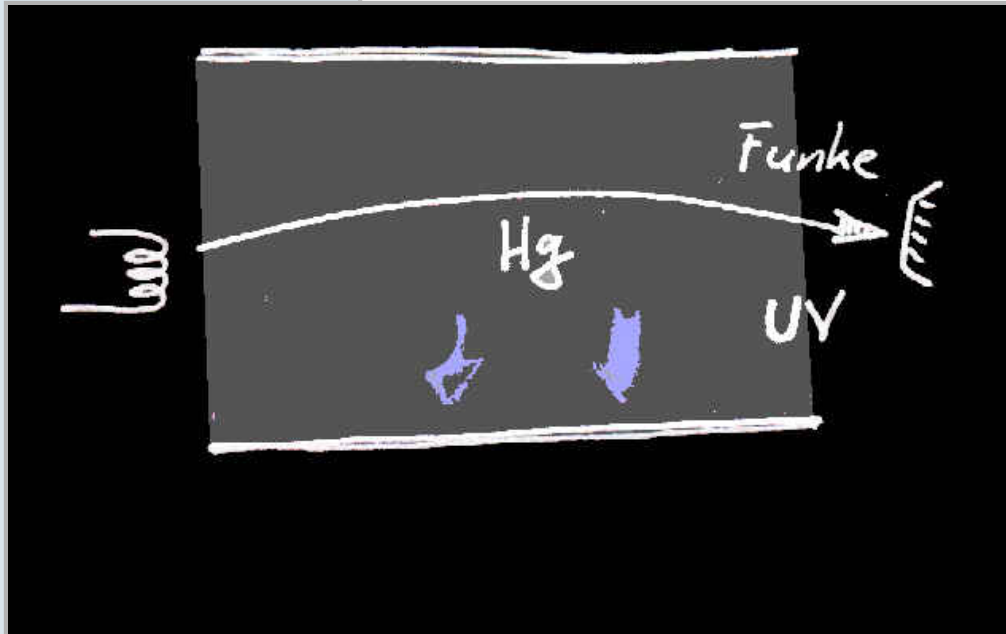


Quecksilber muss
gasförmig werden

Achtung:
Anlaufzeit
mehrere Minuten

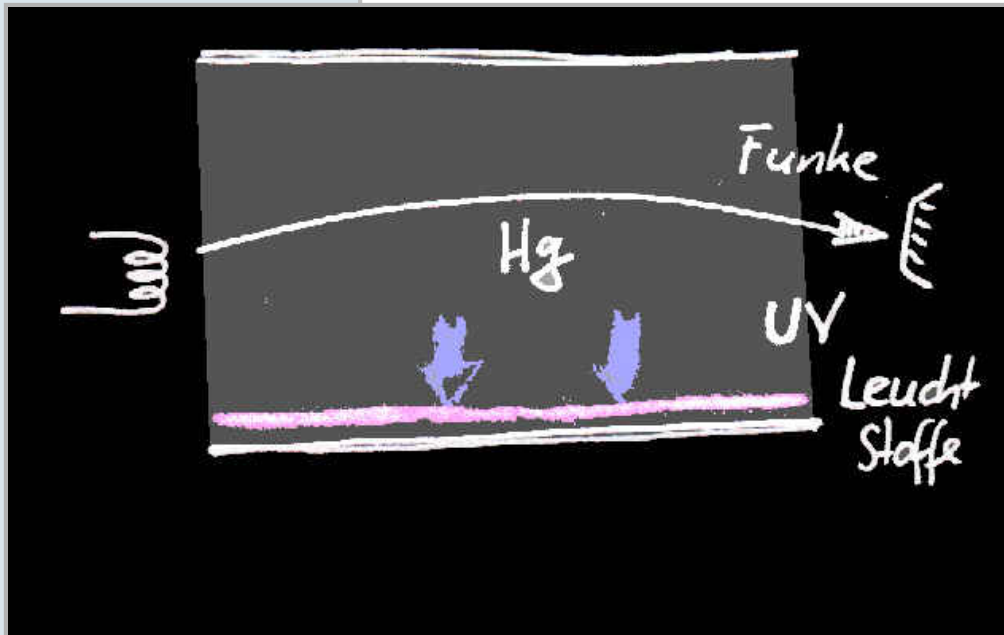
Aufgabe: Messen Sie die Beleuchtungsstärke unter
einer Leuchtstofflampe als Funktion der Zeit

Leuchtstoff-Lampe



Quecksilber sendet
UV Strahlung aus

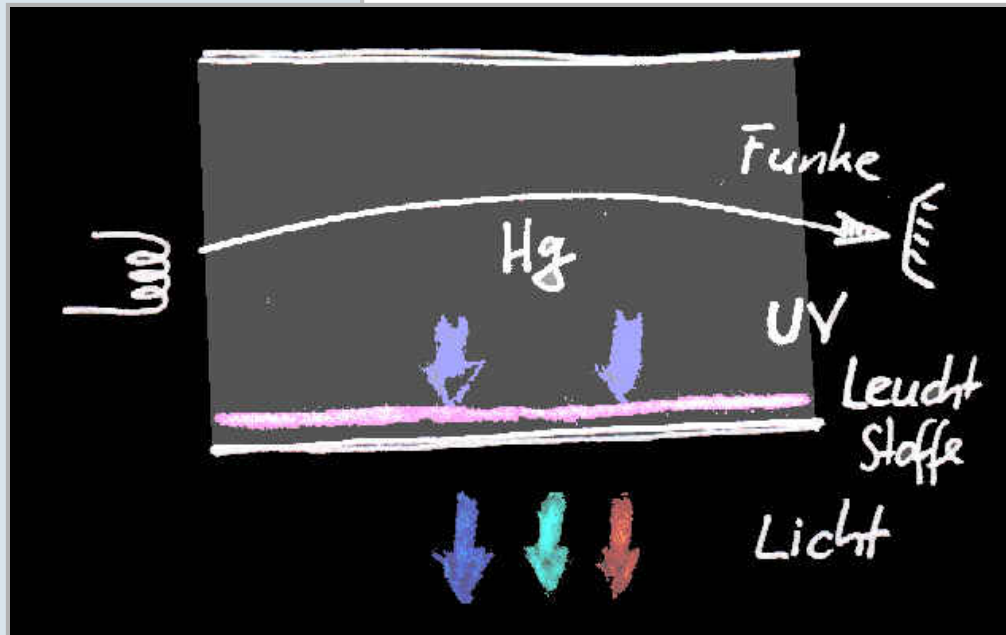
Leuchtstoff-Lampe



Quecksilber sendet
UV Strahlung aus

Leuchtstoffe werden
auf die Glaswand
aufgebracht

Leuchtstoff-Lampe

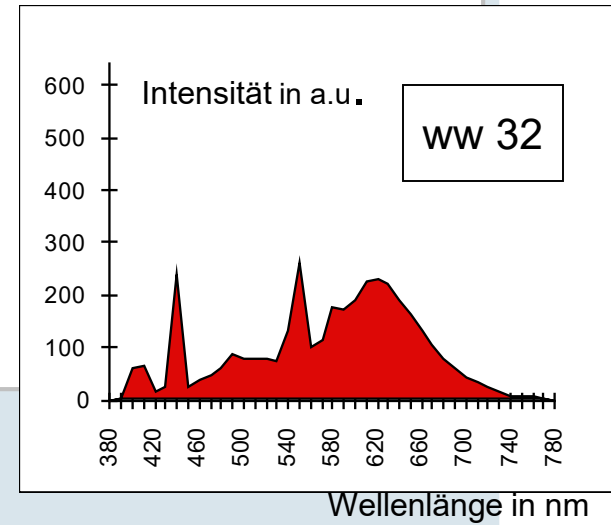
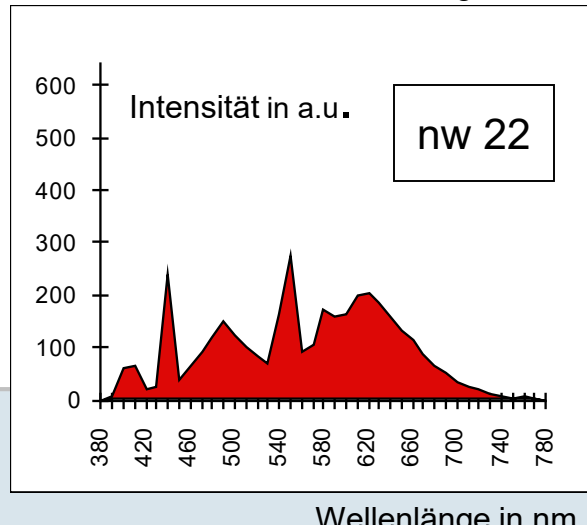
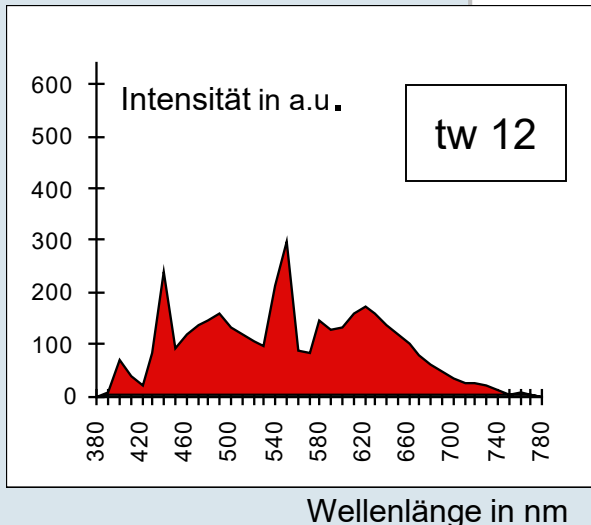
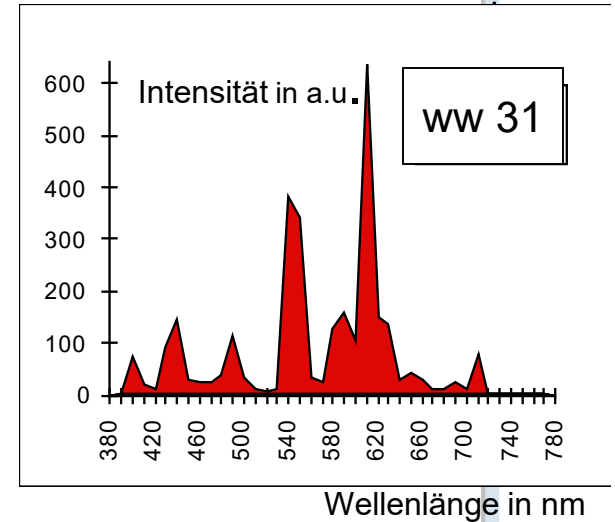
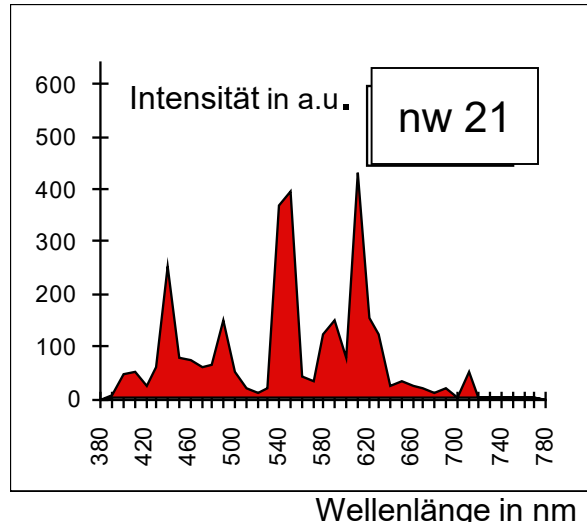
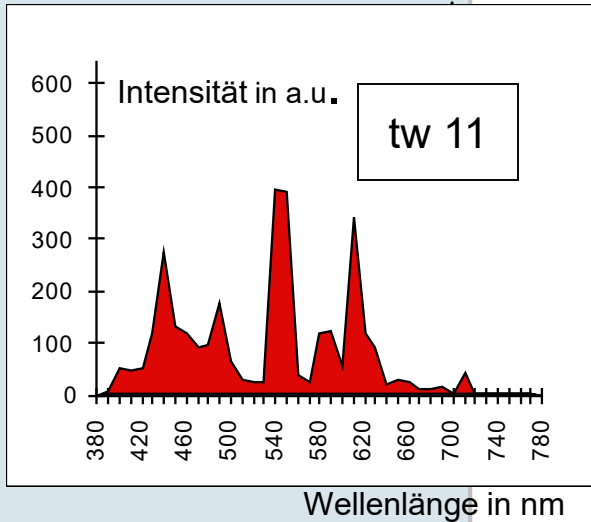


Quecksilber sendet
UV Strahlung aus

Leuchtstoffe werden
auf die Glaswand
aufgebracht

**weißes Licht entsteht
aus verschiedene
Spektrallinien**

Leuchtstoff-Lampe



Leuchtstoff-Lampe

Lichtfarbe:

ww, nw, tw

hat keinen Einfluss
auf die Lichtausbeute

Farbwiedergabe

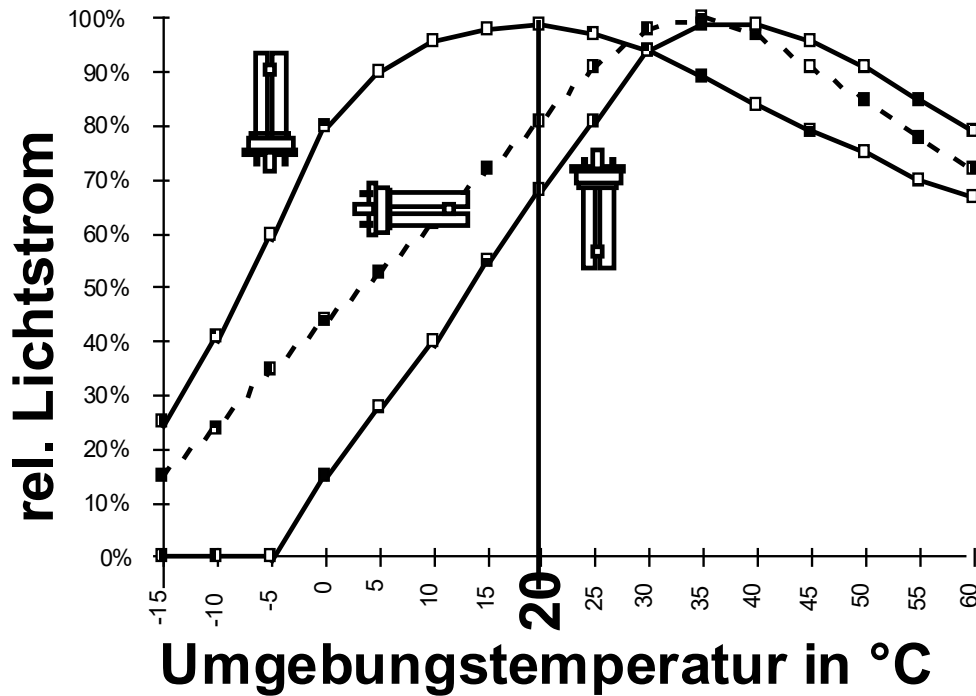
hat Einfluss
auf die Lichtausbeute

3 - Banden
Biolum / Standard

bis 100 lm/W
bis 65 lm/W

Leuchtstoff-Lampe

Lage der Lampe und Betriebstemperatur

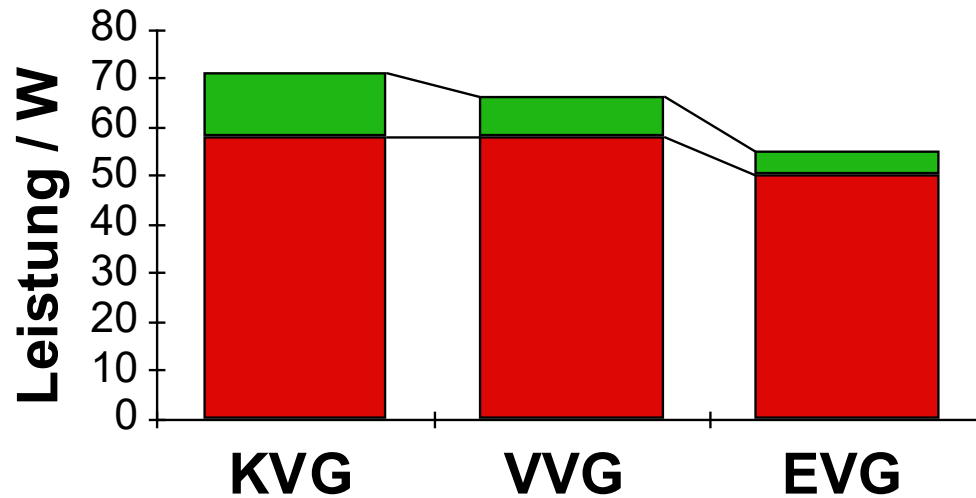


haben Einfluss
auf Lichtstrom

Achtung:
Schlechte Leuchten haben
oft keine definierte
Betriebstemperatur

Leuchtstoff-Lampe

Vorschaltgeräte



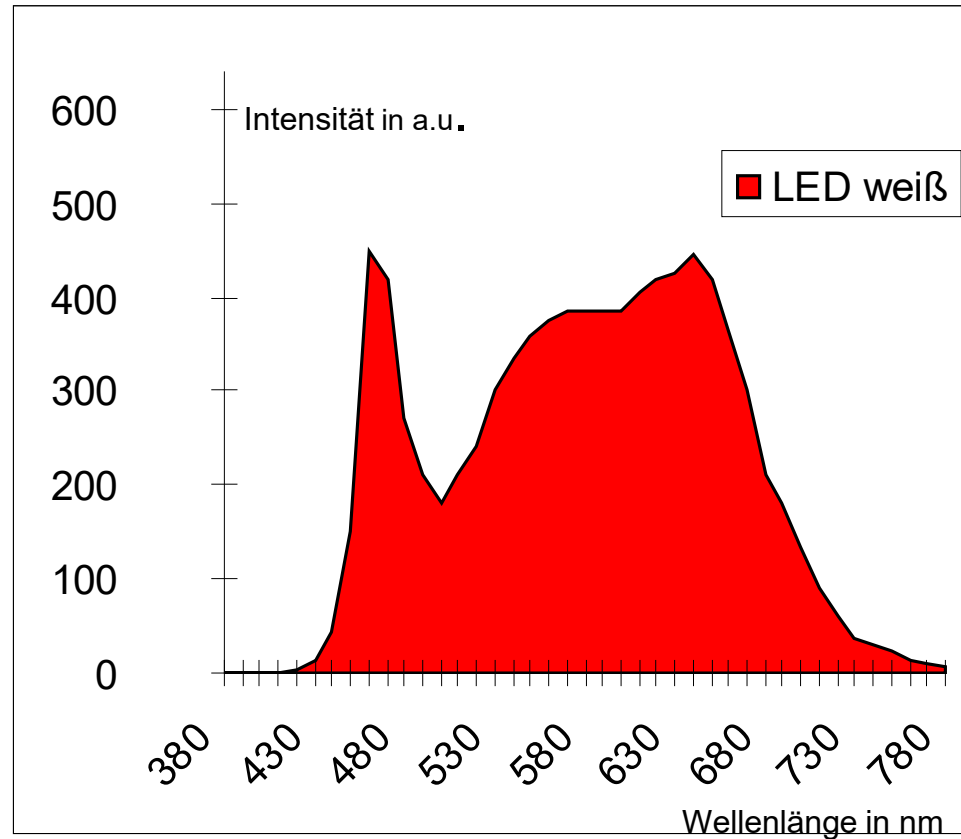
EVG
haben Vorteile wegen

- Sofortstart
- kein Stroboskop-Effekt
- Dimmbarkeit
- Energieverbrauch

LED leuchtet blau

Leuchtstoffe wandeln
Teil in grün und rot

LED weiß



Lampen

Lichtquellen für den Innenraum

Temperatur Strahler

Sonne

Glühlampe

Halogen-
Glühlampe

10-20 lm/W
sehr gute
Farbwiedergabe
LD: 1000 h

Fluoreszenz Strahler
EntladungslampenReine Entladungs-
lampenHal Metalldampf
HQL, HIT, CDM
(Natriumdampf)Leuchtstoff-
lampen3-Banden-LL
T5/T16 Lampe
Vollspektrum LL
Kompakt-LL

40-200 lm/W
gute bis schlechte
Farbwiedergabe
LD: 8000 h

Halbleiter

LED

Farb-LED
weiße LED

60-130 lm/W
gute bis schlechte
Farbwiedergabe
LD: 20000 h