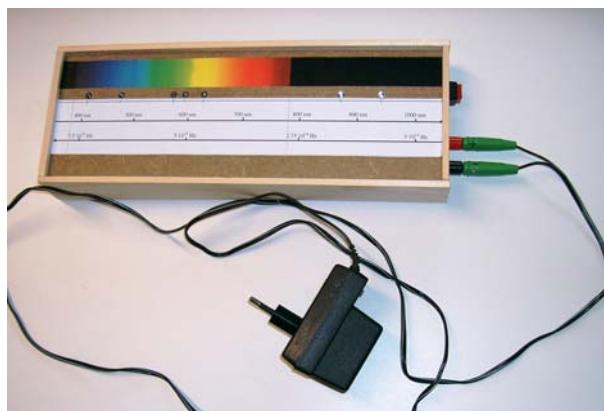


## Spektrino - Modell zur Veranschaulichung und Betrachtung von sichtbaren und unsichtbaren Bereichen des Spektrums

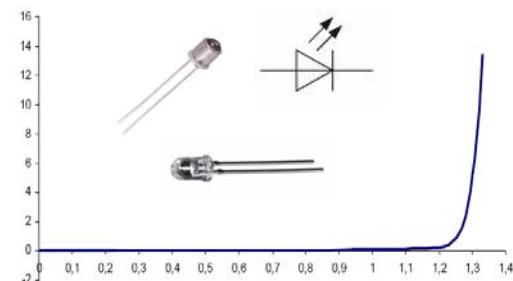


### Nutzung und Aufbau

Das Spektrino ist ein Modell, dass die Ausdehnung der Spektralbereiche entlang der (hier linear skalierten) Wellenlängenachse veranschaulicht, Spektralfarben sichtbar werden lässt und verdeutlicht, dass neben dem mit dem Auge sichtbaren Licht andere Strahlungsbereiche existieren. Der Selbstbau fordert/fördert Kenntnisse aus der E-Lehre.

### Berechnung der Vorwiderstände

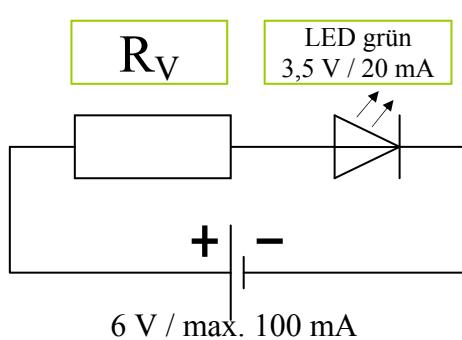
Laut U-I-Kennlinie (im Diagramm ist I in mA über U in V aufgetragen) können kleine Spannungsdifferenzen bei Dioden zu großen Stromschwankungen führen. Daher ist der zum Betrieb von Dioden erforderliche Betriebsstrom die maßgebliche Größe zur Berechnung von Vorwiderständen  $R_V$ .



### Beispiel

Eine Leuchtdiode für grünes Licht (siehe Bild links) besitzt die typischen Betriebswerte von  $I=20\text{mA}$  und  $U_{LED}=3,5\text{V}$ . Die Diode soll durch eine Stromquelle mit der Gleichspannung  $U_G=6\text{V}$  versorgt werden.

Man bestimme den Vorwiderstand  $R_V$ , der garantiert, dass die Diode mit einer Stromstärke von  $20\text{mA}$  durchflossen wird. Man achte auch darauf, dass der Widerstand durch die in ihm erzeugte Ohmsche Wärme nicht zerstört wird (Verlustleistung).



$$R_V = \frac{U_V}{I_V} = \frac{U_G - U_{LED}}{I_V} = \frac{6\text{V} - 3,5\text{V}}{0,02\text{A}} = 125\Omega$$

## Experimente und Aufgaben

### Hilfsmittel

- Spektrino (inklusive Gleichspannungsquelle)
- Handspektroskop
- Lineal

### Aufgabe 1

Betrachte das Licht der LEDs durch ein Handspektroskop und vergleiche es mit dem kontinuierlichen Spektrum einer Glühlampe oder des Taghimmels. Beschreibe deine Beobachtungen.

### Aufgabe 2

Wie können die unsichtbaren Strahlungsanteile nachgewiesen werden?

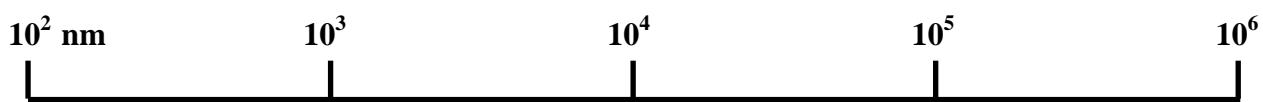
### Aufgabe 3

Der IR-Bereich des elektromagnetischen Spektrums ist auf der linear skalierten Wellenlängenachse um einen Faktor 873 größer als der sichtbare Bereich (Wellenlängen). Wie groß wäre der IR-Bereich im Spektrino-Modell?

### Aufgabe 4

Markiere in Ergänzung zur linear geteilten Wellenlängenskala für die gegebene dezimal logarithmisch geteilte Skala die Bereiche des Visuellen und des Infraroten.

Wie hast du die Bereichsgrenzen ermittelt?



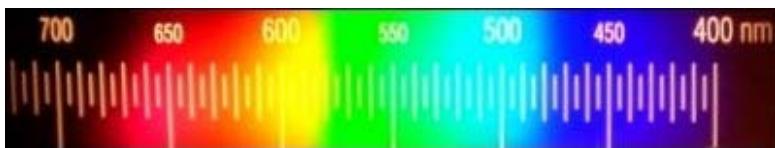
## Ergebnisse

### Beobachtungen zu Aufgabe 1

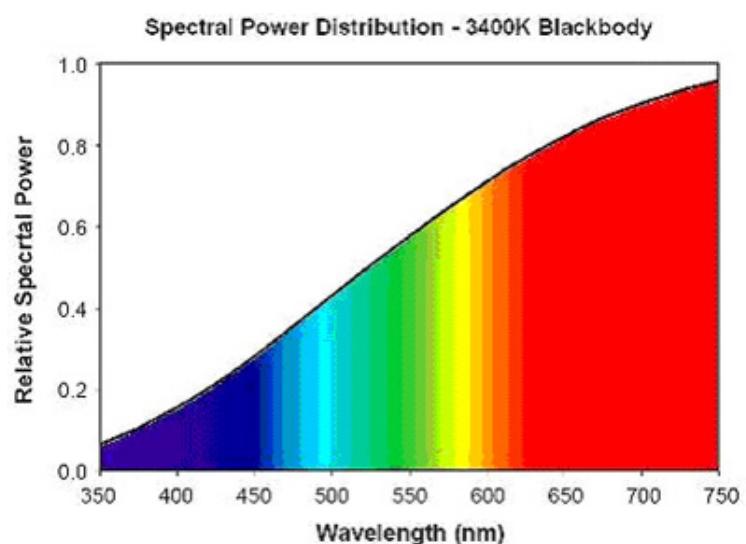
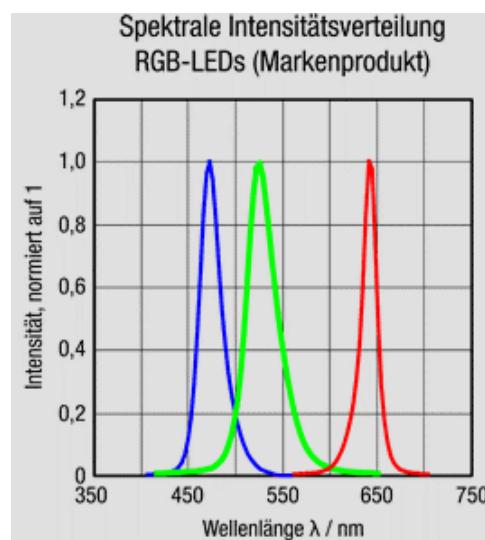
Kontinuierliches Glühlightspektrum im Vergleich zum Bandenspektrum einer LED



LED-Spektren im Spektroskop gesehen



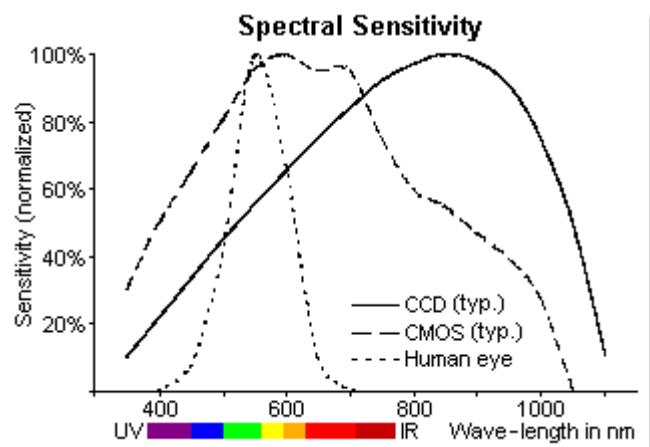
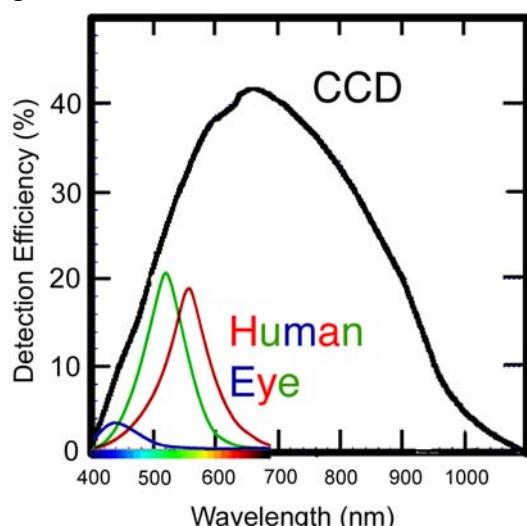
Spektrum einer Glühlampe im Spektroskop gesehen



Die Strahlung einer LED ist nicht auf die Temperatur des Strahlers zurückzuführen, wie es bei einer Glühlampe der Fall ist. Sie hängt allein von ihren Halbleitereigenschaften ab. Während die Glühlampe als sogenannter Temperaturstrahler ein kontinuierliches Spektrum erzeugt, gibt eine LED das Licht in mehr oder weniger breiten Banden ab.

## Zu Aufgabe 2: Nachweis unsichtbarer Strahlungsanteile

Durch neue Detektoren (z. B. CCD) mit anderen spektralen Empfindlichkeiten als sie unser Auge besitzt.

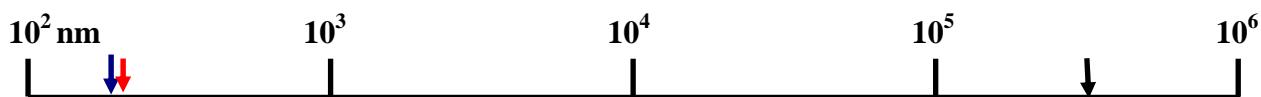


## Zu Aufgabe 3

Der IR-Bereich des elektromagnetischen Spektrums ist um einen Faktor 873 größer als der sichtbare Bereich (Wellenlängen). Wie groß wäre der IR-Bereich im Spektrino-Modell?

- Woher kommt der Faktor 873?  
Sichtbares Licht: 380 - 780 nm  
IR-Bereich: 780 – 350.000 nm  
Also:  $\frac{350.000 \text{ nm} - 780 \text{ nm}}{780 \text{ nm} - 380 \text{ nm}} \approx 873.$
- Maßstab des Spektrinos (siehe folgende Bauanleitung): 5 nm → 2mm  
Also:  $\frac{350.000 \text{ nm} - 780 \text{ nm}}{5 \text{ nm}} \cdot 2 \text{ mm} = 69844 \text{ mm} \approx \underline{\underline{70 \text{ m}}}$

## Zu Aufgabe 4



Die Bereichsgrenzen werden durch Logarithmieren bestimmt: z. B.  $\log(380) \approx 2,6$   
 $380 \text{ nm} \approx 10^{2,6} \text{ nm}$   
 $780 \text{ nm} \approx 10^{2,9} \text{ nm}$   
 $350.000 \text{ nm} \approx 10^{5,5} \text{ nm}$

## Bauanleitung zum Spektrino

- 1.) Man entwerfe eine Schaltung bestehend aus 7 Leuchtdioden (UV, Blau, Grün, Gelb, Rot, IR1, IR2; nähere Angaben siehe Anhang), evtl. einem Schalter, einer Konstant-Spannungsquelle (9V / 300 mA) und dem nötigen Vorwiderstand. Dazu gilt es, einen Stromkreis zu entwerfen.
- 2.) Der zuvor berechnete Vorwiderstand muss durch geeignetes Zusammenschalten von vorgegebenen Normwiderständen (Norm E12) hergestellt werden. Dazu gilt es zunächst, die Widerstandsschaltung zu entwerfen. Die Widerstandsreihe E12 (12 Schritte in einer Dekade) enthält folgende Widerstandswerte: 10 Ohm, 12 Ohm, 15 Ohm, 18 Ohm, 22 Ohm, 27 Ohm, 33 Ohm, 39 Ohm, 47 Ohm, 56 Ohm, 68 Ohm, 82 Ohm (und entsprechende Werte in den nächsten Dekaden: also mal  $10^x$ ).
- 3.) Die anfangs entworfene Schaltung aus Dioden und Widerständen (und Schalter und Netzteil) wird auf der Rückseite der Trägerplatte angebracht. Ein Rahmen aus Holzleisten (etwa 4 cm breit) bietet dazu den nötigen Raum. Eingedrückte Reißnägel dienen dabei als Kontaktpunkte für die Verbindungsdrähte (siehe Bild oben, es muss gelötet werden). Man beachte, dass die längeren Pins der Dioden den Plus-Pol markieren. Sicherheitshalber kann der Vorwiderstand nachgemessen werden.
- 4.) Eine Trägerplatte (MDF-Platte, 1 cm dick) wird mit dem Farbband des sichtbaren Spektrums und den Skalen (Wellenlänge und Frequenz) und evtl. weiteren Elementen beklebt. An den Punkten der (linearen) Wellenlängenskala, für die eine Leuchtdiode vorliegt, wird je ein 5 mm großes Loch gebohrt und rückseitig mit einem 6 mm-Bohrer etwa 3 mm vertieft. Die entsprechende Diode wird eingebaut (graue Skala über der Wellenlängenskala). Die Wellenlängenskala (siehe Anhang) sollte von 350 nm bis 1050 nm reichen. Damit die Skala noch auf einem A4-Blatt (längs) ausgedruckt werden kann, sollte sie 28 cm lang sein. Das Verhältnis von 700 nm zu 280.000.000 nm (28 cm) ergibt einen Maßstab von 1:400.000. Damit ergibt sich, dass ein Wellenlängenabstand von 5 nm auf der Skala 2 mm ausmachen.



## Materialien und Werkzeug für den Bau eines Spektrinos

- Leuchtdioden
  - UV-LED 5 mm (Conrad: Bestell-Nr.: 160000, ca. 3 EURO,  $\lambda=405$  nm,  $U=3,5$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Blau 5 mm (Conrad: Bestell-Nr.: 184306, ca. 2,1 EURO,  $\lambda=470$  nm,  $U=3,8$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Grün 5 mm (Conrad: Bestell-Nr.: 180144, ca. 0,2 EURO,  $\lambda=570$  nm,  $U=2,2$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Gelb 5 mm (Conrad: Bestell-Nr.: 180145, ca. 0,2 EURO,  $\lambda=590$  nm,  $U=2,1$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Rot 5 mm (Conrad: Bestell-Nr.: 180143, ca. 0,2 EURO,  $\lambda=625$  nm,  $U=2,0$  V,  $I=20$  mA)
  - LED-IR 5 mm (Conrad: Bestell-Nr.: 175322, ca. 1 EURO,  $\lambda=870$  nm,  $U=1,5$  V,  $I=20$  mA)
  - LED-IR 5 mm (Conrad: Bestell-Nr.: 154447, ca. 0,4 EURO,  $\lambda=940$  nm,  $U=1,2$  V,  $I=20$  mA)
- Widerstände
  - z. B. Kohleschicht-Widerstands-Set mit 25 Stück je  $10\ \Omega$  - 680 (plusmn; 5 %), Normreihe E 12, Bauform 0207, 0,25 W, Conrad-Bestell-Nr.: 419036 – 62)
- Draht (z. B Silberdraht oder Kupferdraht)
- Steckernetzgerät 9 V DC / 250 mA (Conrad: Bestell-Nr.: 510010 – 62, ca. 5 EURO)
- 2 Einbaubuchsen für Bananenstecker, 2 Bananenstecker (4 mm)
- 1 Druckschalter
- Träger aus Sperrholz oder HDF-Platte: 10 mm x 28 cm x 10 cm
- Holzleisten: 2 x 29 cm x 4 cm x 0,5 cm; 2 x 10 cm x 4 cm x 0,5 cm
- Klebstoff, Nägel 20 mm
- Reißnägel aus Metall (vermessingt)
- Hammer, Bohrer (5 mm, 6 mm)
- Sandpapier
- Löt-Set samt Zange (Conrad Artikel-Nr.: 588075 – 62, 30,72 €)
- Seitenschneider, Abisolierzange
- Universalmessgerät

## Im Anhang:

Zum Ausdrucken:

- spektrales Farbband (von 350 nm bis 1050 nm auf 28 cm Länge)
- Wellenlängenskala und Frequenzskala



## Schaltungsbeispiel / Widerstandsauswahl

Alle 7 LEDs werden parallel geschaltet, d. h. für jede LED ist ein passender Vorwiderstand nötig.

Die Stromquelle muss entsprechend mindestens eine Stromstärke von  $7 \text{ mal } 20 \text{ mA} = 140 \text{ mA}$  verkräften. Die Spannung muss mindestens  $3,8 \text{ V}$  (größte Flussspannung bei den LEDs) betragen.

Bei der Berechnung der Vorwiderstände wird von verschiedenen möglichen (Fest-)Spannungen  $U_G$  (Klemmenspannung des Netzteils) ausgegangen.

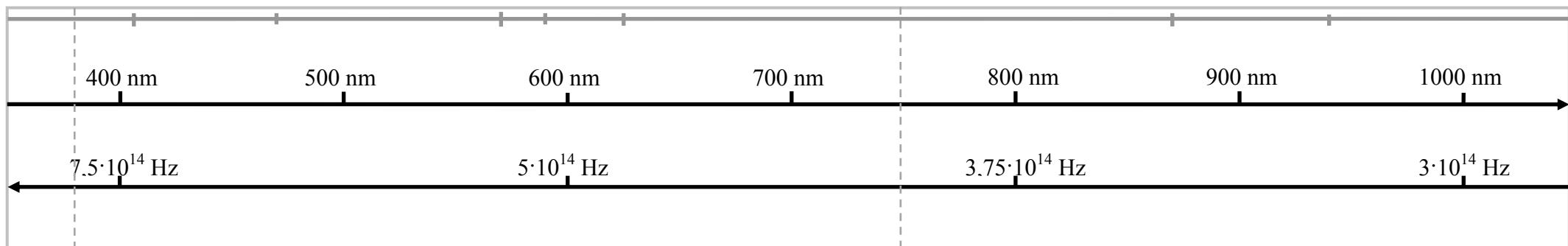
Die Vorwiderstände  $R_V$  lassen sich wie folgt berechnen (mit Beispiel):

$$R_V = \frac{U_V}{I_V} = \frac{U_G - U_{LED}}{I_V} = \frac{6 \text{ V} - 3,5 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 125 \Omega$$

$U_G$ $U_{LED}, I_V \rightarrow R_V$	4,5 V	6 V	7,5 V	9 V	12 V
UV-LED: $U=3,5 \text{ V}, I=20 \text{ mA}$	50 $\Omega$	125 $\Omega$	200 $\Omega$	275 $\Omega$	425 $\Omega$
LED Blau: $U=3,8 \text{ V}, I=20 \text{ mA}$	35 $\Omega$	110 $\Omega$	185 $\Omega$	260 $\Omega$	410 $\Omega$
LED Grün; $U=2,2 \text{ V}, I=20 \text{ mA}$	115 $\Omega$	190 $\Omega$	265 $\Omega$	340 $\Omega$	490 $\Omega$
LED Gelb, $U=2,1 \text{ V}, I=20 \text{ mA}$	120 $\Omega$	195 $\Omega$	270 $\Omega$	345 $\Omega$	495 $\Omega$
LED Rot, $U=2,0 \text{ V}, I=20 \text{ mA}$	125 $\Omega$	200 $\Omega$	275 $\Omega$	350 $\Omega$	500 $\Omega$
LED-IR, $U=1,5 \text{ V}, I=20 \text{ mA}$	150 $\Omega$	225 $\Omega$	300 $\Omega$	375 $\Omega$	525 $\Omega$
LED-IR, $U=1,2 \text{ V}, I=20 \text{ mA}$	165 $\Omega$	240 $\Omega$	315 $\Omega$	390 $\Omega$	540 $\Omega$

## Ausdrucke

### Skalen (Diodenachse, Wellenlängenachse, Frequenzachse)



Leuchtdioden werden platziert bei: 405 nm, 470 nm, 570 nm, 590 nm, 625 nm, 870 nm, 940 nm

### Spektrales Lichtband

sichtbarer Teil: 380 nm -750 nm (insbesondere für die obere Grenze findet man verschiedene Werte)





Dr. Cecilia Scorza

**WIS** wissenschaft  
in die schulen! Dr. Olaf Fischer

