

Autoren Originalmaterial: Dr. Cecilia Scorza, Dr. Olaf Fischer  
Bearbeitung: Florian Seitz, Dr. Markus Pössel

# Bau des Spektrinos

## Materialliste für ein Exemplar des Modells

- Leuchtdioden (angegebene Werte für die Wellenlänge  $\lambda$ , die Betriebsspannung  $U$  und den Betriebsstrom  $I$  sind Beispielwerte):
  - UV-LED 5 mm ( $\lambda=405$  nm,  $U=3,5$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Blau 5 mm ( $\lambda=470$  nm,  $U=3,8$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Grün 5 mm ( $\lambda=570$  nm,  $U=2,2$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Gelb 5 mm ( $\lambda=590$  nm,  $U=2,1$  V,  $I=20$  mA)
  - LED Rot 5 mm ( $\lambda=625$  nm,  $U=2,0$  V,  $I=20$  mA)
  - LED-IR 5 mm ( $\lambda=870$  nm,  $U=1,5$  V,  $I=20$  mA)
  - LED-IR 5 mm ( $\lambda=940$  nm,  $U=1,2$  V,  $I=20$  mA)
- Widerstände
- Draht (z. B Silberdraht oder Kupferdraht)
- Steckernetzgerät mindestens 3,8 V DC / 140 mA (Mindestspannung ergibt sich aus der größten Durchlassspannung der verwendeten LEDs)
- 2 Einbaubuchsen für Bananenstecker, 2 Bananenstecker (4 mm)
- 1 Druckschalter
- Träger aus Sperrholz oder MDF-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)

## Werkzeugliste

- Hammer
- Bohrmaschine mit Holzbohrern (5 mm, 6 mm, 8 mm)
- Holzsäge, Sandpapier
- Löt-Set samt Zange
- Seitenschneider, Abisolierzange
- Universalmessgerät

## Vorlagen zum Ausdrucken (siehe Anhang)

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

## Arbeitsanleitung

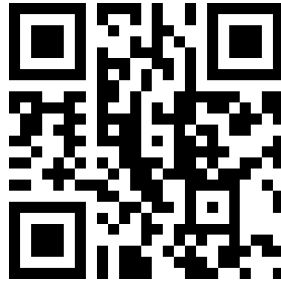
1. Druckt die Druckvorlage (siehe Anhang) aus und schneidet den Spektral-Farben-Streifen und die Wellenlängen-Skala für das Spektrino aus. Vorsicht:

Darauf achten, dass die Seite beim Ausdrucken nicht automatisch skaliert wird!  
Beide Streifen müssen 28 cm lang sein.

2. Klebt den Spektral-Farben-Streifen und die Wellenlängen-Skala auf die MDF-Platte. Zwischen den beiden Papierstreifen sollte rund 1 cm frei bleiben.
3. Auf der grauen Linie der Wellenlängen-Skala sind die Positionen der sieben Leuchtdioden markiert. Überträgt diese Markierung auf das frei gebliebene Holz oberhalb der Wellenlängen-Skala. An diesen Positionen werden dann auf einer Linie die sieben LEDs angebracht. (Vorsicht: Wenn die Wellenlängen eurer sieben LEDs von dem obigen Beispiel abweichen, müsst ihr die Positionen auf der Wellenlängen-Skala entsprechend anpassen.)
4. An jeder der fünf markierten Positionen für die LEDs mit dem 5-mm-Holzbohrer ein Loch in die MDF-Platte bohren. Auf der Rückseite das Loch mit dem 6-mm-Holzbohrer etwa 4 mm tief erweitern.
5. Entwerft eine Schaltung, mit der die sieben Leuchtdioden (UV, Blau, Grün, Gelb, Rot, Infrarot 1, Infrarot 2, nähere Angaben siehe Materialliste) zum Leuchten gebracht werden können. Verwendet die Konstant-Spannungsquelle (9 V, 250 mA) sowie die nötigen Vorwiderstände und bei Bedarf einen Schalter, mit dem das gesamte Spektrino an- und ausgeschaltet werden kann. Die Vorwiderstände können entweder vom Lehrer vorgegeben oder von den Schülerinnen und Schülern berechnet werden (siehe gesonderter Abschnitt unten).
6. Je nach Abstand reichen zur Verbindung der LEDs bereits ihre Kontaktdrähte aus. Dazu werden zwischen den LEDs auf der Rückseite der MDF-Platte Messing-Heftzwecken eingedrückt und es werden jeweils zwei benachbarte Kontaktdrähte auf einer der Heftzwecken angelötet (richtige Polung beachten!). Die Heftzwecken halten zugleich die Schaltung an der Platte fest. (Abbildung der Rückseite siehe erste Seite dieses PDFs.)
7. Nach der Verschaltung wird bei jeder LED auf der Rückseite der Platte ein Klecks Holzleim in das Loch gegeben. Trocknen lassen. So wird die LED fixiert.
8. Vervollständigt die in Schritt 5 entworfene Schaltung, indem ihr die Vorwiderstände, Schalter und Netzteil auf der Rückseite der MDF-Platte anbringt. Wieder dienen eingedrückte Reißnägeln als Kontaktpunkte, an denen die Drähte festgelötet werden können. Sicherheitshalber sollten die Vorwiderstände mit dem Multimeter nachgemessen werden.
9. Die Holzleisten werden als Umrahmung der Platte angebracht (Leim und Nägel). Die Umrahmung sollte auf der Vorderseite etwa 5 mm über die Bildebene (MDF-Vorderseite) ragen. Rückseitig schützt der überstehende Rahmen die Schaltung und ermöglicht es, das Modell senkrecht aufzustellen. In die Leiste können zudem die Einbaubuchsen für die Stromzuführung des Netzgeräts und wenn gewünscht auch ein Schalter eingebaut werden.

Ein 10-minütiges Video zum Spektrino, das auch den Bau des Modells zeigt, kann hier auf YouTube abgerufen werden:

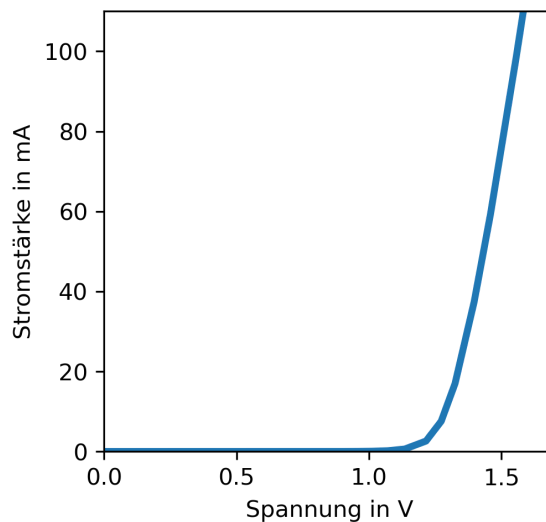
<https://youtu.be/26hEHBgMF34>



## Vorwiderstände

Laut der U-I-Kennlinie im Diagramm rechts (Spannung auf der x-Achse, die resultierende Stromstärke auf der y-Achse, fließt bei der gezeigten LED bis zu einer gewissen anliegenden Spannung so gut wie überhaupt kein Strom.

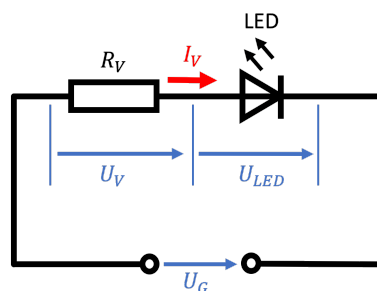
Ab einer Spannung von etwa 1.25 V steigt die Stromstärkenkurve dann steil an – in diesem Bereich können bei dieser Diode schon kleine Spannungsdifferenzen zu beachtlichen Stromschwankungen führen.



Der Spannungswert in diesem Beispiel wird im allgemeinen nicht der Wert für die von euch verwendeten LEDs sein! Die entsprechende Stromstärkenkurve findet ihr im Datenblatt der betreffenden LED.

Ein zu starker Stromfluss kann die LED zerstören. Auf dem Datenblatt der LED ist der Betriebsstrom angegeben, der erforderlich ist, um die LED zum Leuchten zu bringen. Er ist die maßgebliche Größe zur Berechnung des nötigen Vorwiderstands  $R_V$ .

Der Schaltkreis, um den es hier geht, ist hier dargestellt:



Beim Spektrino werden 7 LEDs werden parallel geschaltet. Dementsprechend ist für jede LED ein passender Vorwiderstand nötig. Bei einem typischen Betriebsstrom von 20 mA für eine LED muss die Stromquelle entsprechend mindestens eine Stromstärke von 7 mal 20 mA=140 mA verkraften. Die Mindestspannung der Stromquelle ergibt sich aus der höchsten Betriebsspannung (Flussspannung) der gewählten LEDs, in unserem Beispiel 3,8 V.

Die Vorwiderstände kann man wie folgt berechnen. Als Beispiel wählen wir die UV-LED mit Flussspannung (Betriebsspannung)  $U_G = 3,5 \text{ V}$  und Betriebsstrom  $20 \text{ mA} = 0,02 \text{ A}$ , bei einer Spannungsquelle welche die (Fest-)Spannung  $6 \text{ V}$  liefert. Entsprechend der obigen Skizze sind Vorwiderstand und LED in Reihe geschaltet. Die Spannung  $U_V$  am Vorwiderstand plus die Spannung  $U_{LED}$  welche über der LED abfällt ergeben zusammen also gerade die von der Spannungsquelle gelieferte Spannung  $U_G$ . Der Wert des Vorwiderstandes ergibt sich als Quotient der Spannung am Vorwiderstand und des Stroms, der durch den Vorwiderstand fließt. Da Vorwiderstand und LED in Reihe geschaltet sind, ist der durch den Vorwiderstand fließende Strom gleichzeitig der Betriebsstrom der LED, also  $20 \text{ mA}$ . Insgesamt haben wir :

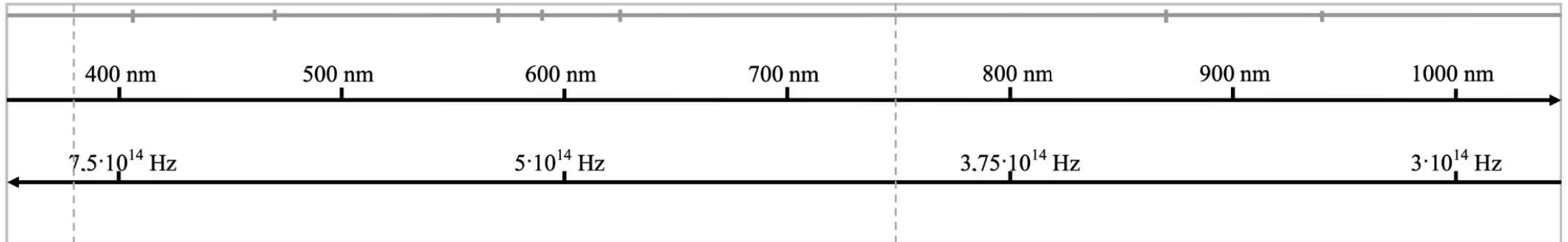
$$R_V = \frac{U_V}{I_V} = \frac{U_G - U_{LED}}{I_V} = \frac{6 \text{ V} - 3,5 \text{ V}}{0,02 \text{ A}} = 125 \Omega.$$

In der folgenden Tabelle sind geeignete Vorwiderstände für verschiedene Spannungen der Spannungsquelle angegeben:

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

## Anhang: Druckvorlagen für das Spektrino

### 1. Wellenlängenskala



### 2. Spektralfarben



Achtung: Aufpassen, dass die DIN-A4-Seite beim Ausdrucken nicht skaliert wird! Wellenlängenskala und Spektralfarben-Streifen müssen exakt 28 Zentimeter lang sein.