

# LDR-Photometer

Dies ist der Versuch, eine quantitative Helligkeitsanzeige mit einem LDR Photowiderstand zu realisieren. Hardware ist ein [ESP8255](#) Microcontroller an dessen Analog-Eingang A0 neben einem Pull-Down Widerstand  $R_{pd}$  ein LDR vom Typ GL 55xx angeschlossen ist (Preis für 30 Stück: 1,89 € bei [Eckstein](#)).

Hier das [Datenblatt](#); die wichtigsten Daten für die Typen:

Typ	Light Resistance $R_{10}$ / k $\Omega$	Dark Resistance $R_0$ / M $\Omega$	$\gamma_{10}^{100}$
GL 5516	5 – 10	0.5	0.5
GL 5528	10 – 20	1	0.6
GL 5537-1	20 – 30	2	0.6
GL 5537-2	30 – 50	3	0.7
GL 5539	50 – 100	5	0.8
GL 5549	100 – 200	10	0.9

Die Sensitivität  $\gamma$  ist im Datenblatt definiert durch die Gleichung  $\gamma_{10}^{100} := \frac{\lg(R_{10}/R_{100})}{\lg(100 \text{ lx}/10 \text{ lx})}$  wobei  $R_{10}$  bzw.  $R_{100}$  die Widerstandswerte bei einer Beleuchtungsstärke von  $B = 10 \text{ lx}$  bzw.  $100 \text{ lx}$  sind. Die Einheit der Beleuchtungsstärke ist das [Lux](#), abgekürzt lx.

Für eine beliebige Beleuchtungsstärke  $B$  definiere ich nun  $R_B$  als den Widerstandswert des mit der Beleuchtungsstärke  $B$  bestrahlten LDRs sowie  $\gamma_{10}^B := \frac{\lg(R_{10}/R_B)}{\lg(B/10 \text{ lx})} = \frac{\ln(R_{10}/R_B)}{\ln(B/10 \text{ lx})}$ . Für das interessierende Intervall von  $B = 1 \text{ lx}$  (Kerze in 1 m Abstand) bis  $10.000 \text{ lx}$  (im Sommer im Schatten) werden nun folgenden Annahmen gemacht:

- Es gilt  $\gamma_{10}^B = \gamma_{10}^{100} =: \gamma$ , d.h. es zeigt sich in der doppelt logarithmischen Darstellung ein über mehrere Dekaden linearer Verlauf zwischen Widerstandswert und Beleuchtungsstärke. Das wird nahegelegt durch die Graphen im Datenblatt.
- Die Temperaturabhängigkeit kann vernachlässigt werden.

Damit kann nun  $R_B$  aus  $R_{10}$  und  $\gamma$  wie folgt berechnet werden:

$$\gamma \cdot \ln(B/10 \text{ lx}) = \ln(R_{10}/R_B)$$

$$\Rightarrow e^{\gamma \cdot \ln(B/10 \text{ lx})} = e^{\ln(R_{10}/R_B)} = R_{10}/R_B$$

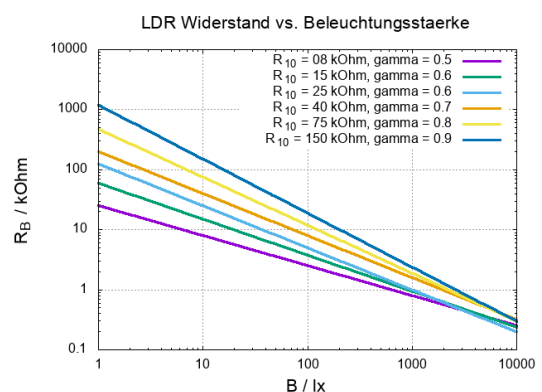
$$(1) \quad R_B = \frac{R_{10}}{e^{\gamma \cdot \ln(B/10 \text{ lx})}} = R_{10} \cdot e^{-\gamma \cdot \ln(B/10 \text{ lx})}$$

und umgekehrt:

$$\ln(B/10 \text{ lx}) = \frac{\ln(R_{10}/R_B)}{\gamma}$$

$$\Rightarrow e^{\ln(B/10 \text{ lx})} = B/10 \text{ lx} = e^{\frac{\ln(R_{10}/R_B)}{\gamma}} = e^{-\frac{\ln(R_B/R_{10})}{\gamma}}$$

$$(2) \quad B = 10 \text{ lx} \cdot e^{-\frac{\ln(R_B/R_{10})}{\gamma}}$$



Der 10-Bit A/D Wandler im ESP8255 hat einen Eingangsspannungs-Bereich zwischen 0 V und 3,3 V. (Achtung! Das gilt nur für die Development Boards wie ESP8266 12-E NodeMCU Kit, WeMos D1 Mini, ... Der nackte ESP8255 Chip hat einen Eingangsspannungs-Bereich von 0 V bis 1 V.) Der Eingang wird in der Arduino IDE angesprochen mit der Funktion **ADC = analogRead(A0)**, die eine Integer Zahl zwischen 0 und 1024 zurückgibt.

Mit einem Spannungsteiler bestehend aus einem Pull-Down Widerstand  $R_{pd}$  zwischen A0 und GND und dem LDR zwischen A0 und +3,3 V (mit dieser Polung ergibt sich ein monoton wachsender Zusammenhang zwischen ADC-Wert und Beleuchtungsstärke  $B$ ) ergibt sich dann:

$$ADC = 1024 \cdot \frac{R_{pd}}{R_{pd} + R_B}; \quad 1 = \frac{1024}{ADC} \cdot \frac{R_{pd}}{R_{pd} + R_B}; \quad R_B + R_{pd} = \frac{1024}{ADC} \cdot R_{pd}$$

$$(3) \quad R_B = R_{pd} \cdot \left( \frac{1024}{ADC} - 1 \right).$$

Gleichung (3) eingesetzt in (2) liefert schließlich den mathematischen Zusammenhang zwischen ADC-Wert und Beleuchtungsstärke  $B$ :

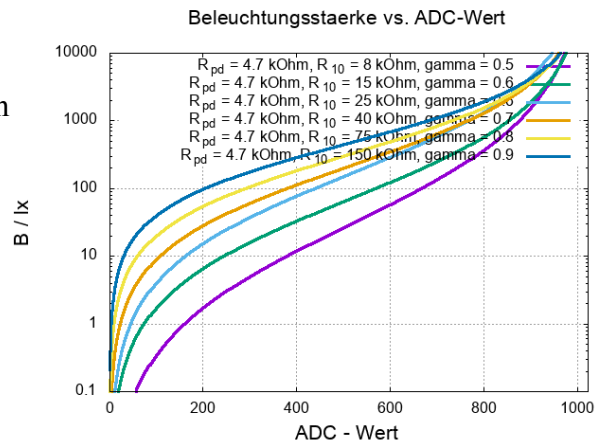
$$(4) \quad B = 10 \text{ lx} \cdot e^{-\frac{1}{\gamma} \cdot \ln\left(\frac{R_{pd}}{R_{10}} \cdot \left(\frac{1024}{ADC} - 1\right)\right)}.$$

### Wertetabelle

Angenommene Parameter für Typ GL 5539:

$$\begin{aligned} R_{pd} &= 4.700 \ \Omega \\ R_{10} &= 75.000 \ \Omega \\ \gamma &= 0,8 \end{aligned}$$

ADC-Wert	$R_B / \Omega$	$B / \text{lx}$
2	2.401.700	0,13
5	957.860	0,41
10	476.580	0,99
20	235.940	2,39
50	91.556	7,79
100	43.428	19,80
200	19.364	54,34
500	4.926	300,78
800	1.316	1.565,87
1000	113	33.762,94



Michael Hufschmidt