

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 / $M\Omega$	γ_{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 γ 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 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 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 γ wie folgt berechnet werden:

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

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

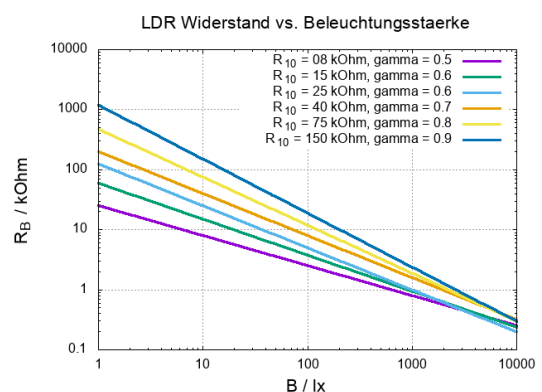
$$(1) \quad R_B = \frac{R_{10}}{e^{\gamma \cdot \ln(B/10 \text{ lx})}} = R_{10} \cdot e^{-\gamma \cdot \ln(B/10 \text{ lx})}$$

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 :

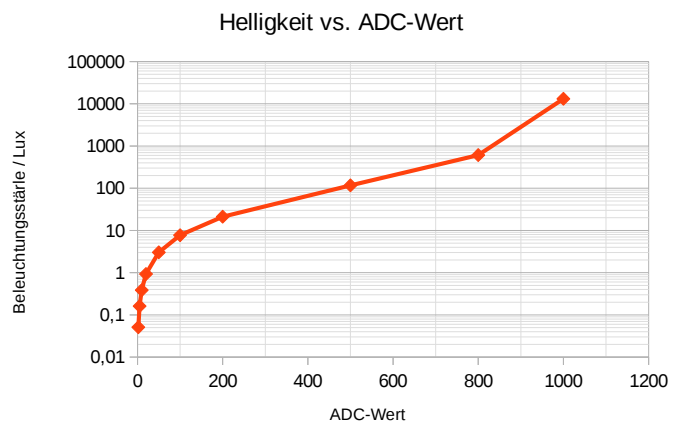
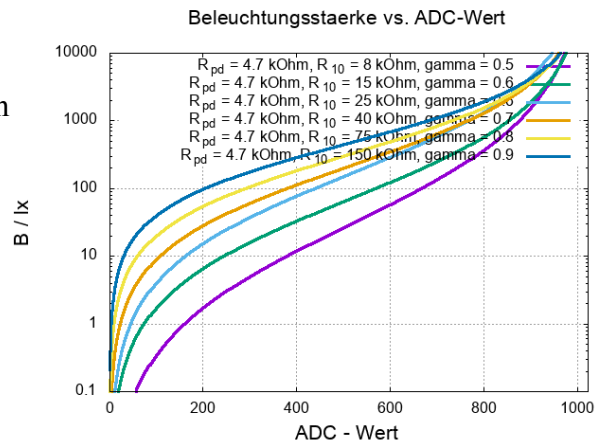
$$(4) \quad B = 10 \text{ lx} \cdot e^{-\frac{1}{\gamma} \cdot \ln\left(\frac{R_{pd}}{R_{10}} \cdot \left(\frac{1024}{ADC} - 1\right)\right)}.$$

Wertetabelle

Angenommene Parameter für Typ GL 5539:

$R_{pd} = 10.000 \text{ } \Omega$
 $R_{10} = 75.000 \text{ } \Omega$
 $\gamma = 0,8$

ADC-Wert	R_B / Ω	B / lx
2	5.110.000	0,05
5	2.038.000	0,16
10	1.014.000	0,39
20	502.000	0,93
50	194.800	3,03
100	92.400	7,70
200	41.200	21,14
500	10.480	117,05
800	2.800	609,37
1000	240	13.139,01



Michael Hufschmidt