

1 Schaltungen von Hochleistungs-LEDs

- 5P 1.1 Zwei identische Reihenschaltungen, die parallel an U_{Gleich} geschaltet sind.

$$U_{R2} = U_{\text{gleich}} - 2 \cdot U_{\text{LED}} = 12 \text{ V} - 6,6 \text{ V} = 5,4 \text{ V}$$

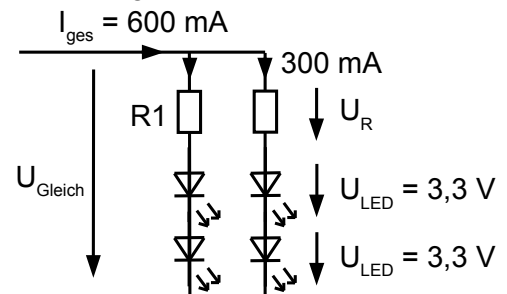
$$R2 = \frac{U_{R2}}{I_2} = \frac{5,4 \text{ V}}{300 \text{ mA}} = 18 \Omega (= R1)$$

$$P_{R2} = U_{R2} \cdot I_{R2} = 5,4 \text{ V} \cdot 300 \text{ mA} = 1,62 \text{ W}$$

$$P_{R2} = P_{R1}$$

$$P_{\text{ges}} = U_{\text{ges}} \cdot I_{\text{ges}} = 12 \text{ V} \cdot 600 \text{ mA} = 7,2 \text{ W}$$

Schaltung 1



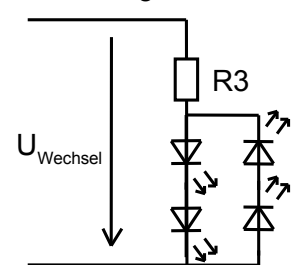
- 2P 1.2 Schaltung 2: Bei der positiven Halbwelle des Sinus leuchten die linken LEDs, bei der negativen Halbwelle leuchten die rechten LEDs. R3 ist der Vorwiderstand für die linken und die rechten LEDs.

$$U_{R3} = U_{\text{Wechsel-Spitze}} - 2 \cdot U_{\text{LED}} = 17 \text{ V} - 6,6 \text{ V} = 10,4 \text{ V}$$

$$I_{\text{spitze}} = \frac{U_{R3}}{R3} = \frac{10,4 \text{ V}}{35 \Omega} = 297 \text{ mA}$$

$$P_{R3\text{-Spitze}} = U_{R3} \cdot I_{R3} = 10,4 \text{ V} \cdot 297 \text{ mA} = 3,09 \text{ W}$$

Schaltung 2



- 2P 1.3 Die LEDs in Schaltung 1 werden von einem konstanten Strom durchflossen und leuchten dauern gleich hell. In Schaltung 2 liegt eine Wechselspannung an und der maximale Strom (=max. Helligkeit) fließt nur bei der Spitze des Sinus. Außerdem leuchten die LEDs immer nur bei einer Halbwelle.

- 5P 1.4 Schaltung 3: Die maximale Spannung am Kondensator beträgt

$$U_C = U_{\text{Wechsel-Spitze}} - 2 \cdot U_{\text{Diode}} = 17 \text{ V} - 2 \cdot 0,7 \text{ V} = 15,3 \text{ V}$$

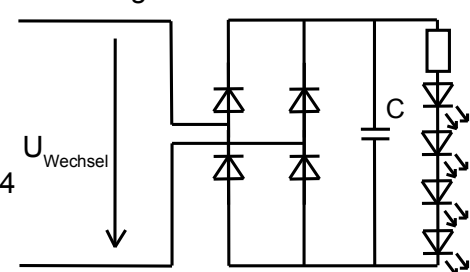
$$4 \text{ LEDs benötigen in Reihenschaltung } 4 \cdot 3,3 \text{ V} = 13,2 \text{ V}$$

$$\text{Am Widerstand fällt dann eine Spannung von } U_R = 15,3 \text{ V} - 13,2 \text{ V} = 2,1 \text{ V ab.}$$

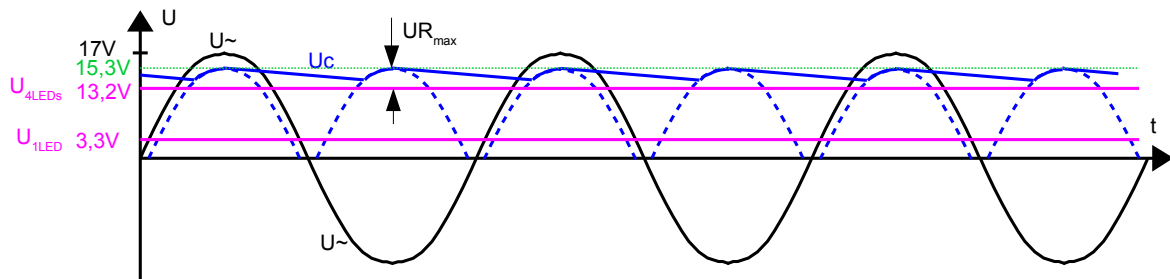
Es ist nur ein Strom von $1 \times 300 \text{ mA}$ für alle LEDs notwendig. Bei der Variante wie Schaltung 1 würde der doppelte Strom gebraucht und damit die doppelte Leistung, also auch die doppelte Energie. Die Reihenschaltung von 4 LEDs ist damit besonders energieeffizient.

(Anmerkung: In Schaltung 1 ist die Reihenschaltung von 4 LEDs nicht möglich, da die (Gesamt-) Gleichspannung nur 12 V beträgt. Der Effektivwert der Wechselspannung beträgt auch nur 12 V , aber der Spitzenwert der Wechselspannung beträgt 17 V . Davon müssen nur die Durchlassspannung von je $2 \times 0,7 \text{ V}$ abgezogen werden, ergibt $15,3 \text{ V}$. Auf diesen Spitzenwert lädt sich der Kondensator auf und wenn dessen Kapazität C ausreichend groß gewählt wird, steht diese Spannung praktisch durchgängig der LED-Schaltung zur Verfügung.)

Schaltung 3 mit 4 LEDs



1.5 Schaltung 3: .



Gestrichelte Linie: Spannung U_c ohne Kondensator \rightarrow 2-Weggleichrichter klappt negative Halbwellen nach oben

U_c : Kondensator lädt sich immer bei den Sinusspitzen auf und entlädt sich anschließend langsam über die LED-Schaltung

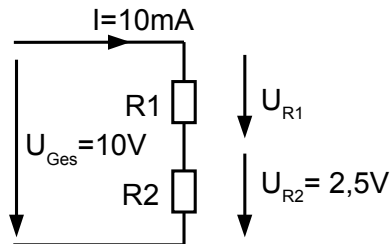
Die Spannung an den LEDs bleibt praktisch konstant. Dies liegt an der LED-Kennlinie. Auch wenn sich der Strom ändert, bleibt die Spannung an der LED praktisch konstant. (Der Strom wird durch den Widerstand und die Spannung am Widerstand U_R bestimmt. Da U_R etwas schwankt wenn der Kondensator sich entlädt, schwankt auch der Strom etwas.)

(Anmerkung: Die LED wird dadurch dunkler und heller, was bei hoher Frequenz vom Auge nicht wahrgenommen wird. Dieser Effekt wird umso kleiner, je größer die Kapazität des Kondensators ist. Bei großer Kapazität entlädt sich der Kondensator praktisch nicht.)

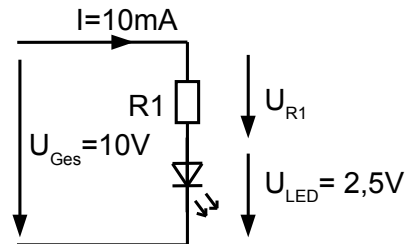
2 Vergleich Widerstands-Schaltung – LED-Schaltung

1P 2.1

4P 2.2



$$R_2 = \frac{2,5 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 250 \Omega$$



für beide Schaltungen gilt: $R_1 = \frac{10 \text{ V} - 2,5 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 750 \Omega$

Für Widerstandsschaltung gilt: Der Strom wird durch **die Summe beider Widerstände** bestimmt!

$$U_{\text{verändert}} = 11 \text{ V} \rightarrow$$

$$I_{\text{verändert}} = \frac{U_{\text{verändert}}}{R_{\text{ges}}} = \frac{11 \text{ V}}{1000 \Omega} = 11 \text{ mA}$$

$$U_{R1\text{-verändert}} = R_1 \cdot I_{\text{verändert}} = 750 \Omega \cdot 11 \text{ mA}$$

$$U_{R1\text{-verändert}} = 8,25 \text{ V}$$

$$U_{R2\text{-verändert}} = R_2 \cdot I_{\text{verändert}} = 250 \Omega \cdot 11 \text{ mA}$$

$$U_{R2\text{-verändert}} = 2,75 \text{ V}$$

Für die LED-Schaltung gilt: Die Spannung an der LED bleibt konstant, der Strom wird **durch den einen Widerstand** und die Spannung an ihm bestimmt.

$$U_{\text{verändert}} = 11 \text{ V} \rightarrow$$

$$U_{R1\text{-verändert}} = 11 \text{ V} - 2,5 \text{ V} = 8,5 \text{ V}$$

$$U_{\text{LED}} = 2,5 \text{ V} = \text{konstant}$$

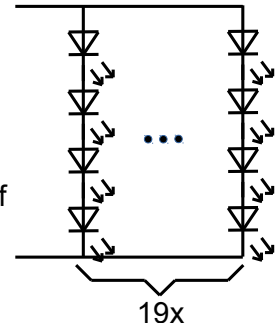
$$I_{\text{verändert}} = \frac{U_{R1\text{-verändert}}}{R_1} = \frac{8,5 \text{ V}}{750 \Omega} = 11,3 \text{ mA}$$

3 LED-Modul

- 3P 3.1 Wenn 4 LEDs in Reihe geschaltet sind, ergibt sich die Gesamtspannung von $4 \cdot 3 \text{ V} = 12 \text{ V}$

$$\frac{76 \text{ LEDs}}{4} = 19 \text{ parallele Reihenschaltungen von 4 LEDs}$$

- 3P 3.2 Die Werte der I-Achse muss man durch 19 teilen da sich der Strom auf die 19 Parallelschaltungen gleichmäßig aufteilt.
 Die Werte an der U-Achse muss man durch 4 teilen, da sich in der Reihenschaltung die Spannungen an allen 4 LEDs addieren.



- 4P 3.3 Abgelesen bei 11,5 V: $I = 80 \text{ mA} \rightarrow P = 11,5 \text{ V} \cdot 80 \text{ mA} = 0,92 \text{ W}$
 Abgelesen bei 12 V: $I = 140 \text{ mA} \rightarrow P = 12 \text{ V} \cdot 140 \text{ mA} = 1,68 \text{ W}$
 Abgelesen bei 12,5 V: $I = 250 \text{ mA} \rightarrow P = 12,5 \text{ V} \cdot 250 \text{ mA} = 3,125 \text{ W}$
 Abgelesen bei 13,2 V: $I = 500 \text{ mA} \rightarrow P = 13,2 \text{ V} \cdot 500 \text{ mA} = 6,6 \text{ W}$
 Maximalstrom, Maximalleistung

- 3P 3.4 Das Modul soll besonders zur Beleuchtung eines Fahrzeug-Innenraums geeignet sein. Die Lichtmaschine lädt die Autobatterie bis zu einer Spannung von 13,8V. Erklären Sie, warum Sie das Modul auf keinen Fall ohne Vorwiderstand oder Vorschaltgerät an der Autobatterie betreiben dürfen.

$$\text{Abgelesen bei } 13,8 \text{ V: } I = 940 \text{ mA} \rightarrow P = 13,8 \text{ V} \cdot 940 \text{ mA} = 12,97 \text{ W}$$

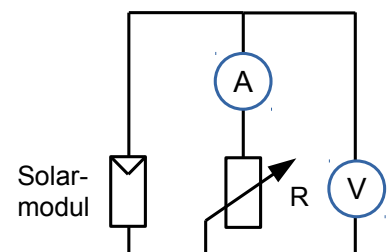
Das Modul würde beim Betrieb an 13,8 V total überlastet werden. Der maximale Strom von 500 mA wäre um das doppelte überschritten, ebenfalls müsste das Modul die doppelte Leistung in Wärme (und Licht) umsetzen.

- 2P 3.5 Der Vorwiderstand müsste so berechnet werden, dass bei einem Strom von 500 mA an ihm eine Spannung von 13,8 V-13,2 V = 0,6 V abfallen.

$$R = \frac{0,6 \text{ V}}{500 \text{ mA}} = 1,2 \Omega \quad P_R = 0,6 \text{ V} \cdot 500 \text{ mA} = 0,3 \text{ W}$$

4 Solarzellen

- 5P 4.1 Veränderbaren Widerstand und Strom- und Spannungsmesser wie abgebildet an das Solarmodul anschließen
 Widerstand von 0Ω (Kurzschluss) bis maximal (auch ohne R \rightarrow Leerlauf) verändern, dabei Wertepaare von U und I messen und notieren. I(U)-Diagramm zeichnen.



- 2P 4.2 Leerlaufspannung $U_{OC} = 35 \text{ V}$
 Kurzschlussstrom $I_{SC} = 8,2 \text{ A}$

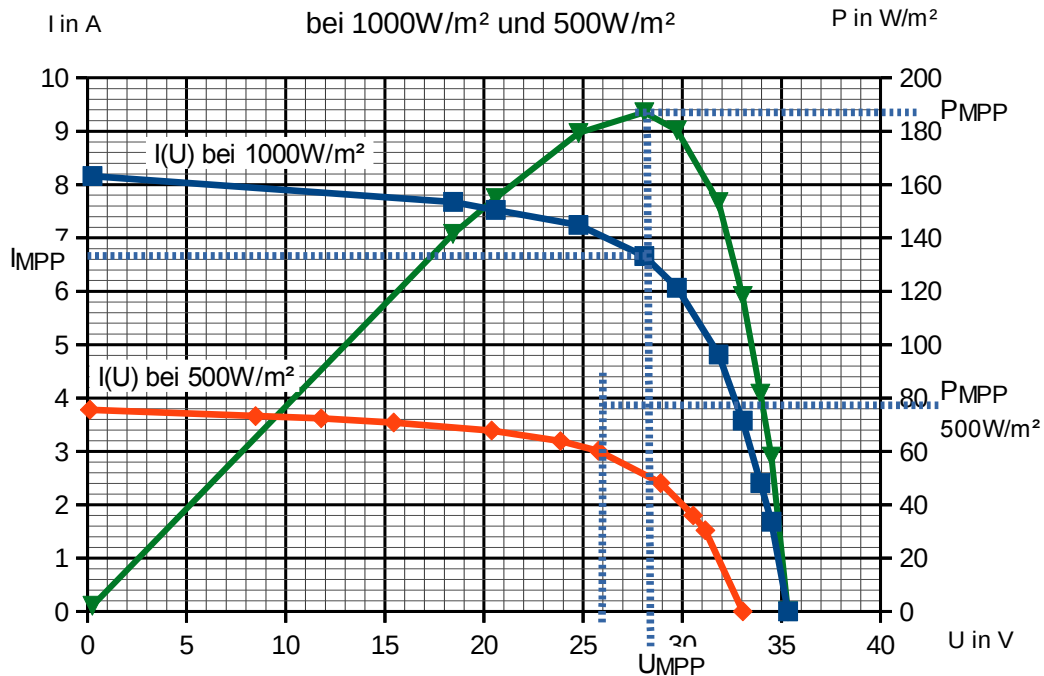
Übungen Diodenschaltungen und Solarzellen

5P 4.3

Werte 1000 W/m ²		
U in V	I in A	P in W
35,3	0,0	0,0
34,5	1,7	58,7
33,9	2,4	81,4
33,0	3,6	118,8
31,8	4,8	152,6
29,7	6,1	181,2
28,1	6,7	188,3
24,8	7,2	178,6
20,6	7,5	154,5
18,4	7,7	141,7
0,3	8,2	2,5

Werte 500 W/m ²		
U in V	I in A	P in W
33,1	0,0	0,0
31,2	1,5	46,8
30,5	1,8	54,9
28,9	2,4	69,4
25,8	3,0	77,4
23,9	3,2	76,5
20,4	3,4	69,4
15,4	3,5	53,9
11,8	3,6	42,5
8,5	3,7	31,5
0,1	3,8	0,4

Kennlinien Solarmodule



3P 4.4 1000 W/m²: P_{MPP} = 188 W, I_{MPP} = 6,7A, U_{MPP} = 28,1V Werte aus Tabelle.

3P 4.5 P_{MPP} = 77,4 W bei 500 W/m² abgelesen aus Tabelle.

3P 4.6 Eine Zelle: Leerlaufspannung U_{OC} = 35 V / 60 = 0,58 V
 Kurzschlussstrom I_{SC} = 8,2 A (Strom durch 1 Zelle = Gesamtstrom bei Reihenschaltung)

5P 4.7 Das Solarmodul liefert bei 1000 W/m²: P_{MPP} = 188 W, $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{Modul}}{P_{Sonne}} = 15 \%$

Wenn Solarmodul 1m² groß P_{Modul} = 15 % · P_{Sonne} = 15 % · 1000 W = 150 W

Dreisatz: 150 W \triangleq 1 m² 188 W \triangleq Fläche_{Modul}

$$\rightarrow \text{Fläche}_{\text{Modul}} = \frac{188 \text{ W}}{150 \text{ W}} \cdot 1 \text{ m}^2 = 1,25 \text{ m}^2$$