

## **Messung 2 Energiemessung Harvester**

Autor: Manuel König

Messdatum: 28. Februar 2016

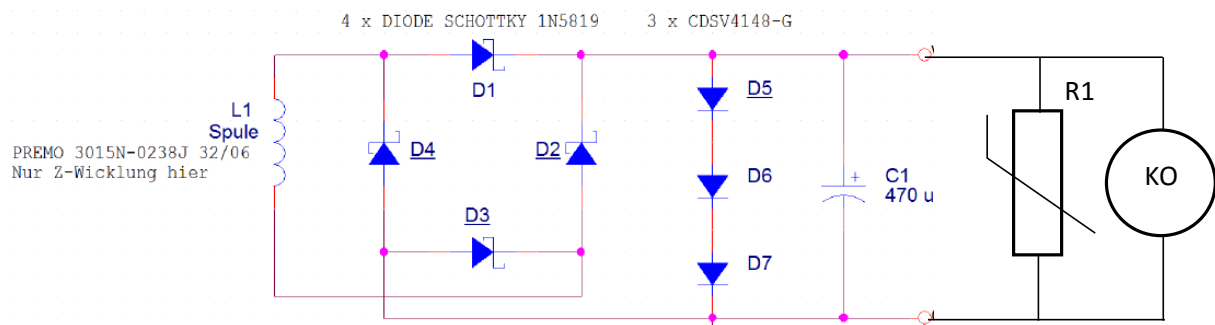
### **Zusammenfassung**

Die Leistungs- und Stromkennlinie von einer Harvesterschaltung wurden ermittelt, um die MPPT-  
Ratio auf dem EM8500-Evaluationboard zu ermitteln. Die Kennlinie musste in mehreren  
Durchgängen immer weiter verfeinert werden. Die maximale Leistung wird bei einer Spannung von  
0.93 V erreicht, was 66.43% von der maximalen Spannung von 1.4 V entspricht.

# 1 Aufgabenstellung

Die Energiekennlinie und Widerstandskennlinie von der Harvesterschaltung soll ermittelt werden.

## 2 Messschaltung/Messverfahren



### Bemerkungen

- Für R1 werden folgende Widerstandswerte eingesetzt: 1 Ω, 10 Ω, 100 Ω, 1 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ
- C1 ist ein Elko mit 47μF

### Vorgehen

Um die Energiekennlinie und Widerstandskennlinie zu erfassen wird die Spannung über dem Widerstand R1 mit einem KO gemessen. Anschliessend kann, mit dem Widerstandwert und der Spannung die Leistung, und der Strom berechnet werden. Die Geschwindigkeit wird auf ca. 12km/h gesetzt, dass bedeutet alle 0.3 s wird in der Spule durch den Magneten eine Spannung erzeugt.

## 3 Ergebnis

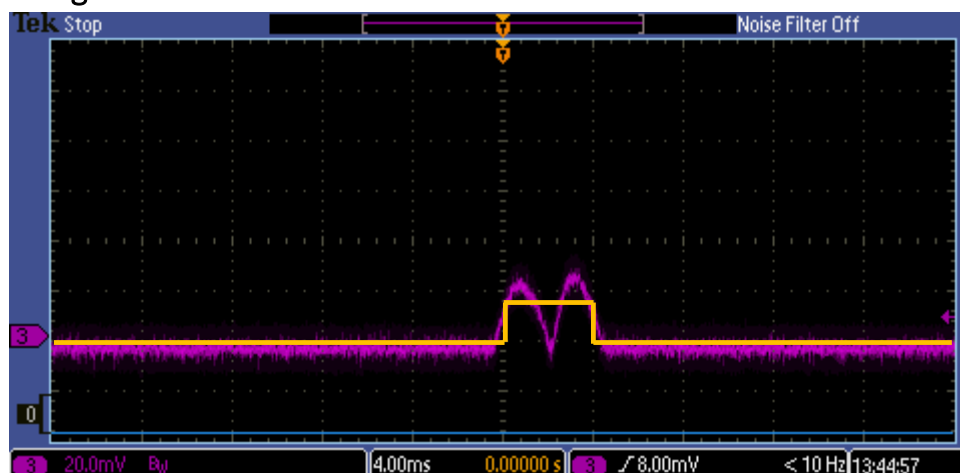


Abbildung 1: pink: Spannung über R1 mit 1 Ω, gelb: Annäherung

Der Rechteckpuls wird auf die gesamte Periode aufgeteilt, um die durchschnittliche Spannung während einer ganzen Periode von 0.3s zu bestimmen.

$$I \approx \frac{U_{\text{ampl}} * t_{\text{on}}}{T} * 1/R = \frac{16 \text{ mV} * 4 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} * 1/1 \Omega = 213.33 \mu\text{A}$$

Die Leistung wird mit der quadrierten durchschnittlichen Spannung berechnet.

$$P \approx \left( \frac{U_{\text{ampl}} * t_{\text{on}}}{T} \right)^2 * 1/R = \left( \frac{16 \text{ mV} * 4 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} \right)^2 * 1/1 \Omega = 46 \text{ nW}$$

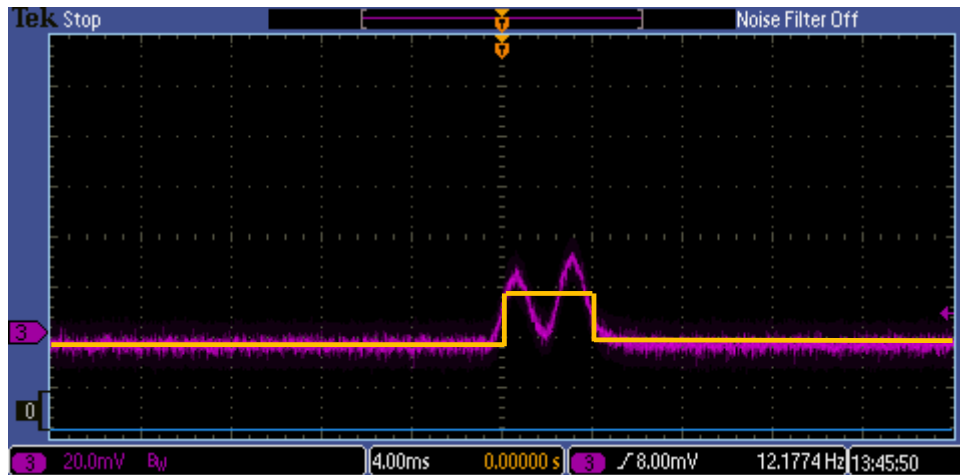


Abbildung 2: pink: Spannung über R1 mit 10  $\Omega$ , gelb: Annäherung

$$I \approx \frac{U_{\text{ampl}} * t_{\text{on}}}{T} * 1/R = \frac{18 \text{ mV} * 4 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} * 1/10 \Omega = 24 \mu\text{A}$$

$$P \approx \left( \frac{U_{\text{ampl}} * t_{\text{on}}}{T} \right)^2 * 1/R = \left( \frac{18 \text{ mV} * 4 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} \right)^2 * 1/10 \Omega = 6 \text{ nW}$$

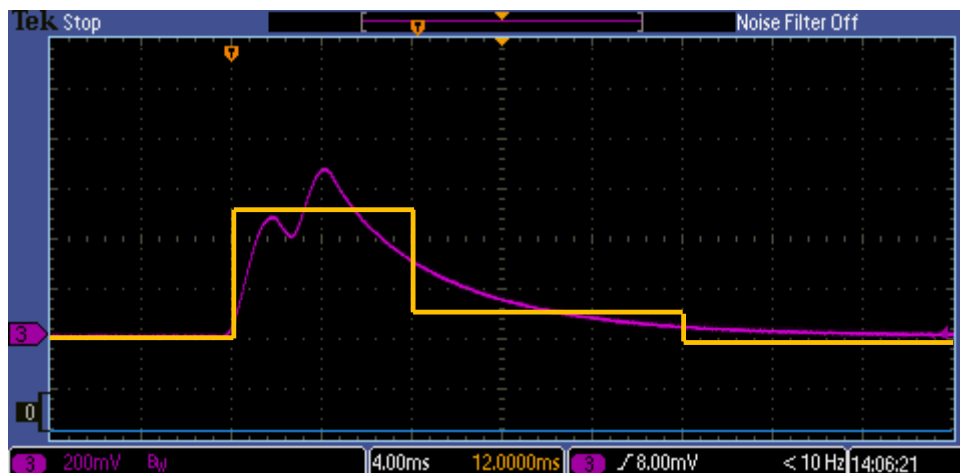


Abbildung 3: pink: Spannung über R1 mit 100  $\Omega$ , gelb: Annäherung

$$I \approx \left( \frac{U_1 * t_{\text{on}}}{T} + \frac{U_2 * t_{\text{on}}}{T} \right) * 1/R = \left( \frac{520 \text{ mV} * 8 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{320 \text{ mV} * 12 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} \right) * 1/100 \Omega = 266.66 \mu\text{A}$$

$$P \approx \left( \frac{U_1 * t_{\text{on}}}{T} + \frac{U_2 * t_{\text{on}}}{T} \right)^2 * 1/R = \left( \frac{520 \text{ mV} * 8 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{320 \text{ mV} * 12 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} \right)^2 * 1/100 \Omega = 7.11 \mu\text{W}$$

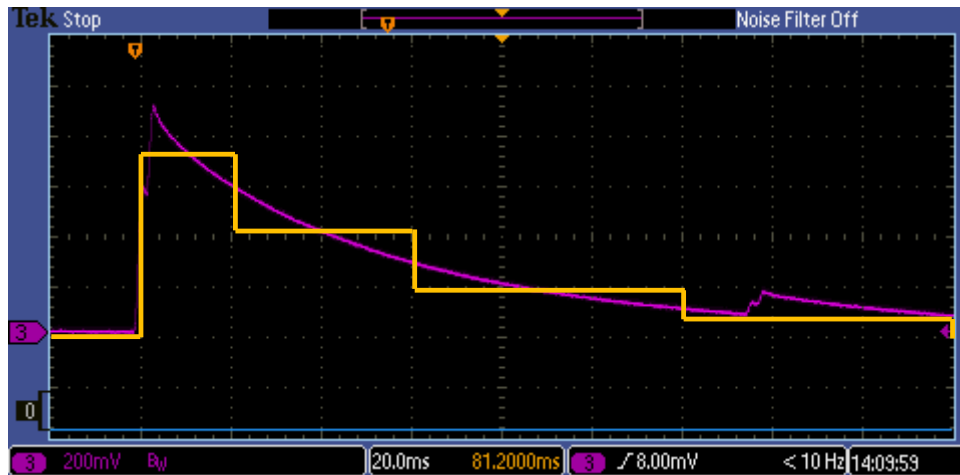


Abbildung 4: pink: Spannung über R1 mit 1 kΩ, gelb: Annäherung

$$\begin{aligned}
 I &\approx \left( \frac{U_1 * t_{on}}{T} + \frac{U_2 * t_{on}}{T} + \frac{U_3 * t_{on}}{T} + \frac{U_4 * t_{on}}{T} \right) * 1/R \\
 &= \left( \frac{740 \text{ mV} * 20 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{440 \text{ mV} * 40 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{200 \text{ mV} * 60 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{120 \text{ mV} * 60 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} \right) \\
 &\quad * 1/1 \text{ k}\Omega = 172 \mu\text{A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &\approx \left( \frac{U_1 * t_{on}}{T} + \frac{U_2 * t_{on}}{T} + \frac{U_3 * t_{on}}{T} + \frac{U_4 * t_{on}}{T} \right)^2 * 1/R \\
 &= \left( \frac{740 \text{ mV} * 20 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{440 \text{ mV} * 40 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{200 \text{ mV} * 60 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} + \frac{120 \text{ mV} * 60 \text{ ms}}{300 \text{ ms}} \right)^2 \\
 &\quad * 1/1 \text{ k}\Omega = 29.584 \mu\text{W}
 \end{aligned}$$

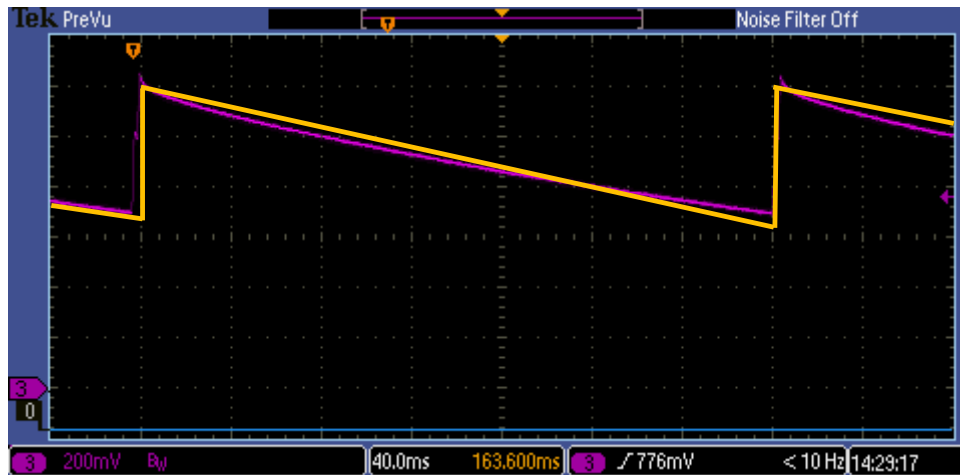


Abbildung 5: pink: Spannung über R1 mit 10 kΩ, gelb: Annäherung

$$I \approx (\Delta U/2 + U_{min}) * 1/R = (540 \text{ mV}/2 + 660 \text{ mV}) * 1/10 \text{ k}\Omega = 93 \mu\text{A}$$

$$P \approx (\Delta U/2 + U_{min})^2 * 1/R = (540 \text{ mV}/2 + 660 \text{ mV})^2 * 1/10 \text{ k}\Omega = 86.49 \mu\text{W}$$

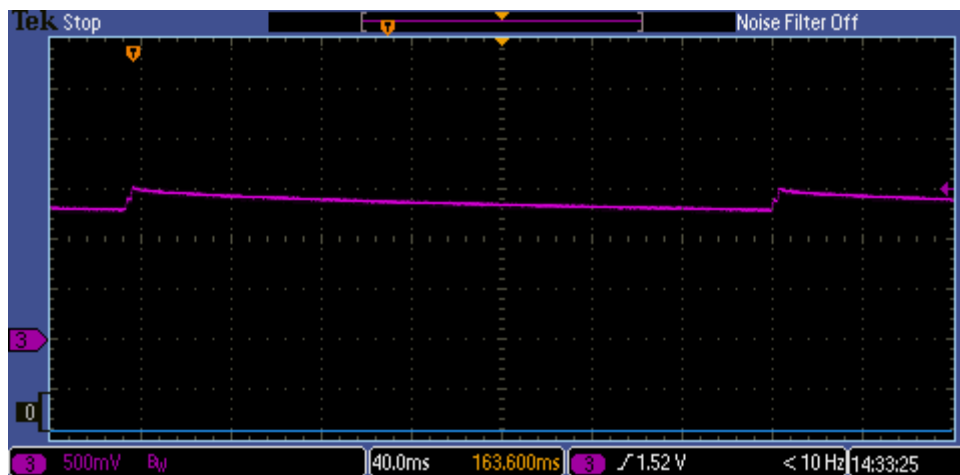


Abbildung 6: Spannung über R1 mit 100 kΩ

$$I = \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{0.2 \text{ V}/2 + 1.3 \text{ V}}{100 \text{ k}\Omega} = 14 \mu\text{A}$$

$$P = \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(0.2 \text{ V}/2 + 1.3 \text{ V})^2}{100 \text{ k}\Omega} = 19.6 \mu\text{W}$$

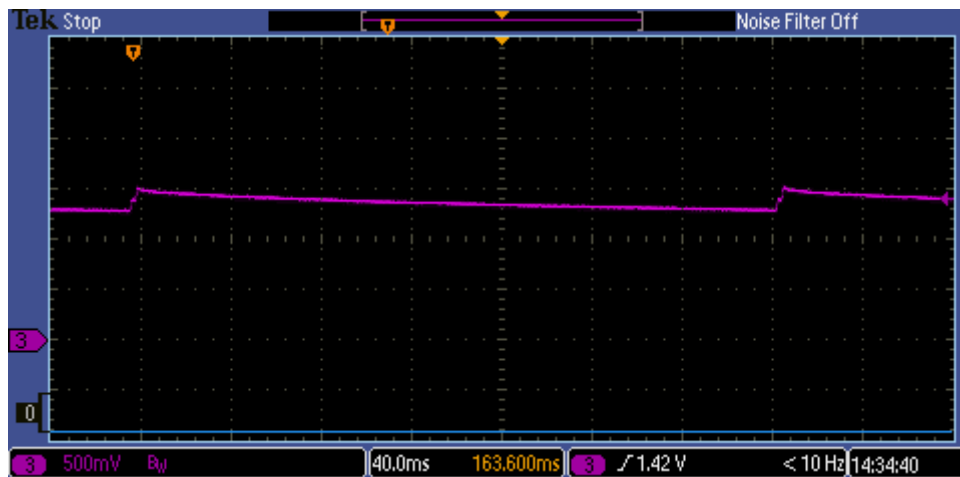


Abbildung 7: Ausgangsspannung Harvester ohne Last

Der Strom bei unbelastetem Ausgang ist null, dementsprechend ist die Leistung ebenfalls null.

Aus den berechneten Werten lässt sich folgende Grafik generieren.

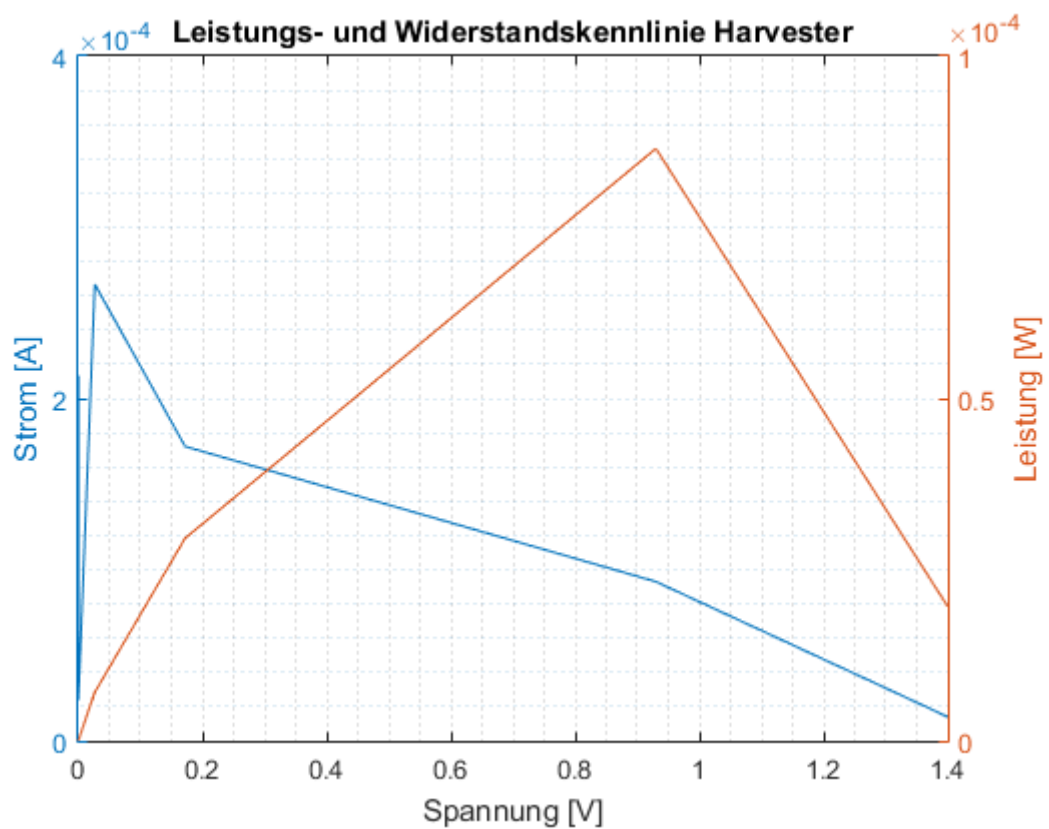


Abbildung 8: grobe Kennlinie

Aus der Kennlinie geht hervor, dass die Genauigkeit noch nicht genügt. Es müssen weitere Messungen gemacht werden im Bereich der maximalen Leistung.

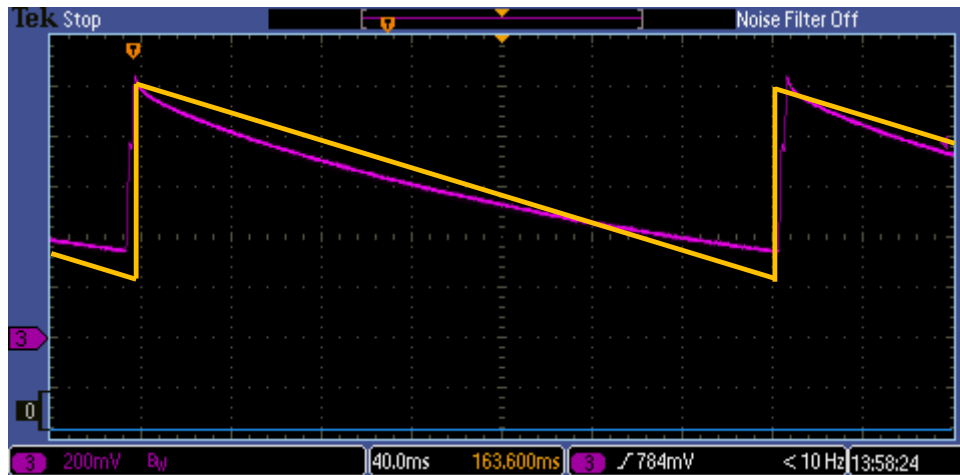


Abbildung 9: pink: Spannung über R1 mit 5 kΩ; gelb: Annäherung

$$I \approx \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{660 \text{ mV}/2 + 240 \text{ mV}}{5 \text{ k}\Omega} = 114 \text{ }\mu\text{A}$$

$$P \approx \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(660 \text{ mV}/2 + 240 \text{ mV})^2}{5 \text{ k}\Omega} = 64.98 \text{ }\mu\text{W}$$

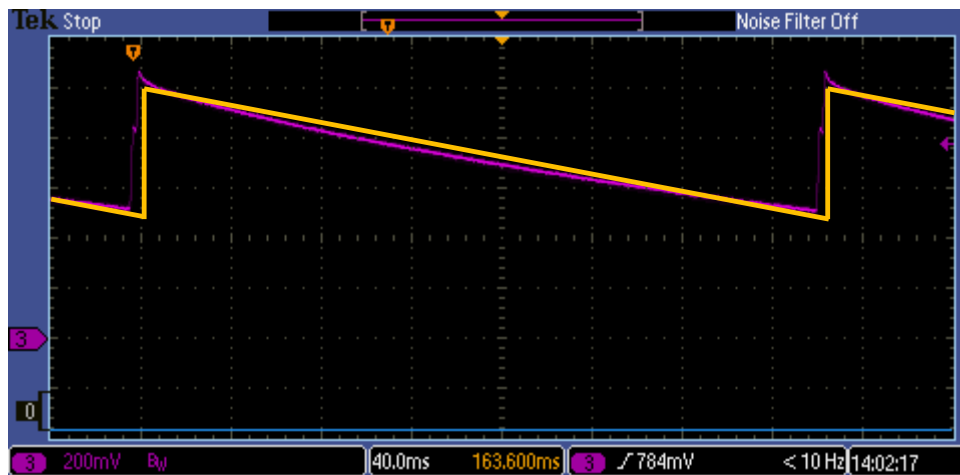


Abbildung 10: pink: Spannung über R1 mit 8 kΩ; gelb: Annäherung

$$I \approx \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{520 \text{ mV}/2 + 480 \text{ mV}}{8 \text{ k}\Omega} = 92.5 \text{ }\mu\text{A}$$

$$P \approx \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(520 \text{ mV}/2 + 480 \text{ mV})^2}{8 \text{ k}\Omega} = 68.45 \text{ }\mu\text{W}$$

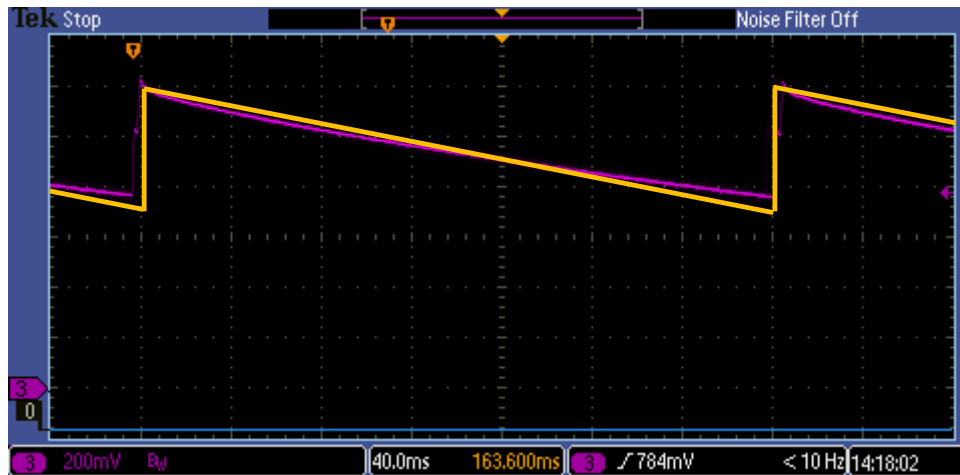


Abbildung 11: pink: Spannung über R1 mit 12 kΩ; gelb: Annäherung

$$I = \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{300 \text{ mV}/2 + 700 \text{ mV}}{12 \text{ k}\Omega} = 70.83 \mu\text{A}$$

$$P = \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(480 \text{ mV}/2 + 720 \text{ mV})^2}{12 \text{ k}\Omega} = 60.208 \mu\text{W}$$

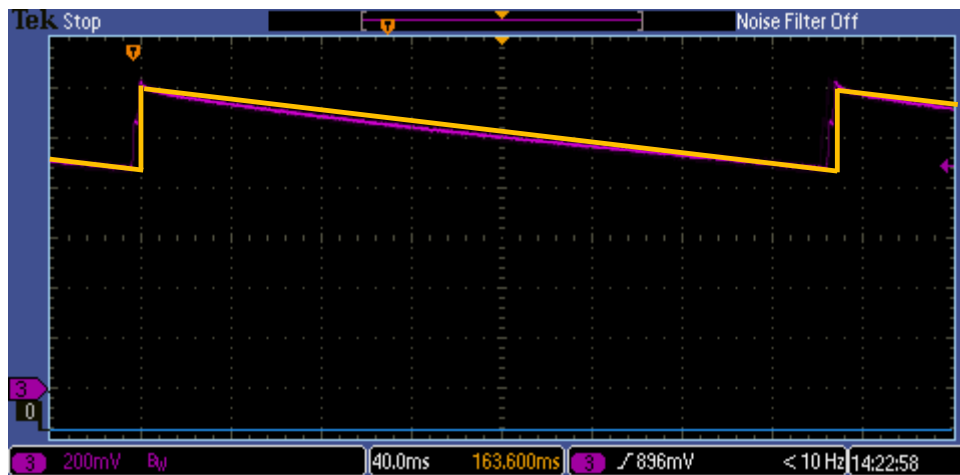


Abbildung 12: pink: Spannung über R1 mit 20 kΩ; gelb: Annäherung

$$I \approx \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{380 \text{ mV}/2 + 920 \text{ mV}}{20 \text{ k}\Omega} = 55.5 \mu\text{A}$$

$$P \approx \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(380 \text{ mV}/2 + 920 \text{ mV})^2}{5 \text{ k}\Omega} = 61.605 \mu\text{W}$$



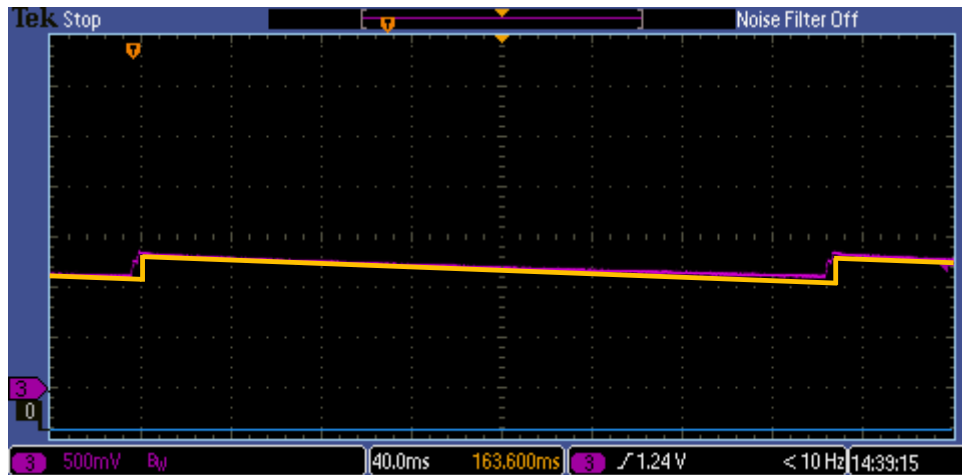


Abbildung 13: pink: Spannung über R1 mit 50 kΩ; gelb: Annäherung

$$I \approx \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{250 \text{ mV}/2 + 1050 \text{ mV}}{50 \text{ k}\Omega} = 23.5 \text{ }\mu\text{A}$$

$$P \approx \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(0.2 \text{ V}/2 + 1.1 \text{ V})^2}{50 \text{ k}\Omega} = 27.613 \text{ }\mu\text{W}$$

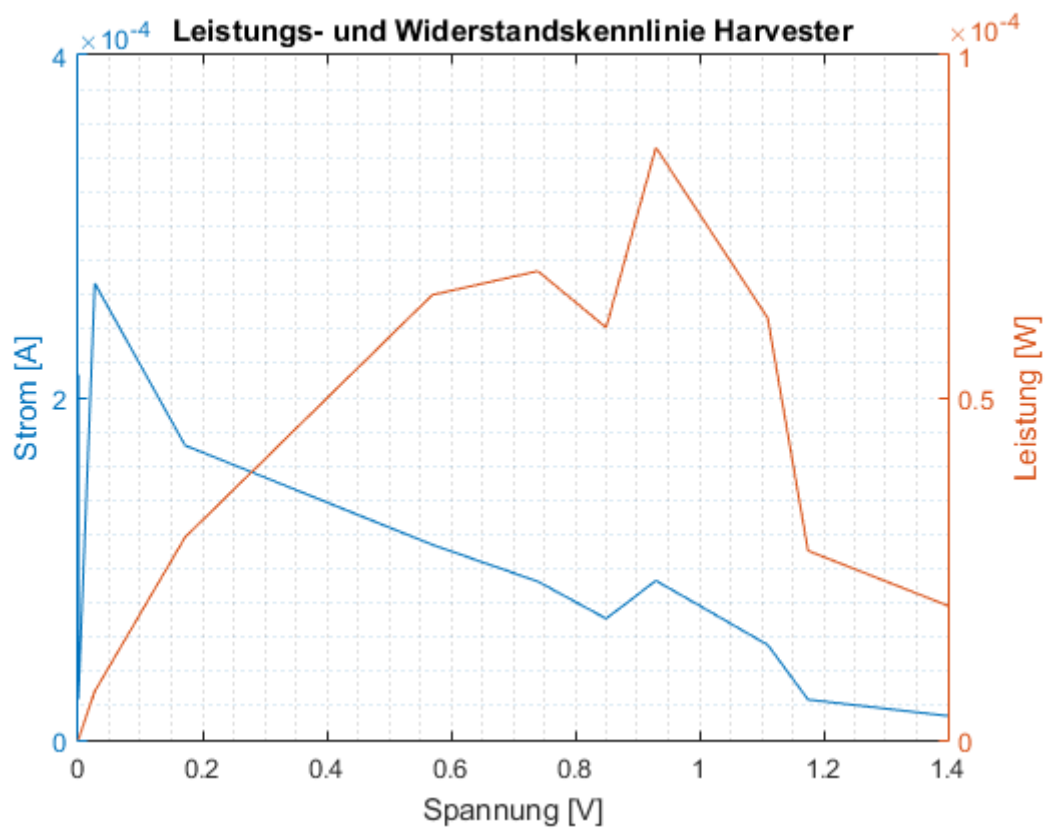


Abbildung 14: Leistungs- und Widerstandskennlinie (verfeinert)

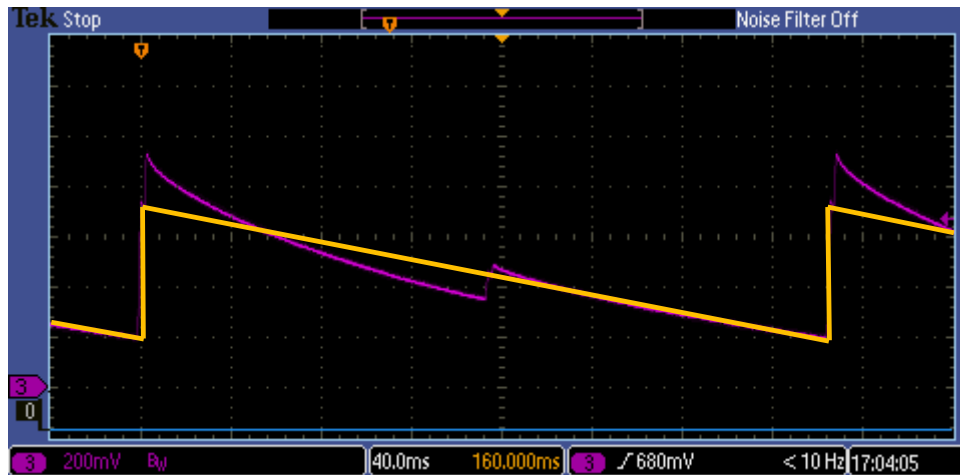


Abbildung 15: pink: Spannung über R1 mit 3kΩ; gelb: Annäherung

$$I \approx \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{520 \text{ mV}/2 + 200 \text{ mV}}{3 \text{ k}\Omega} = 153.33 \mu\text{A}$$

$$P \approx \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(680 \text{ mV}/2 + 200 \text{ mV})^2}{3 \text{ k}\Omega} = 70.533 \mu\text{W}$$

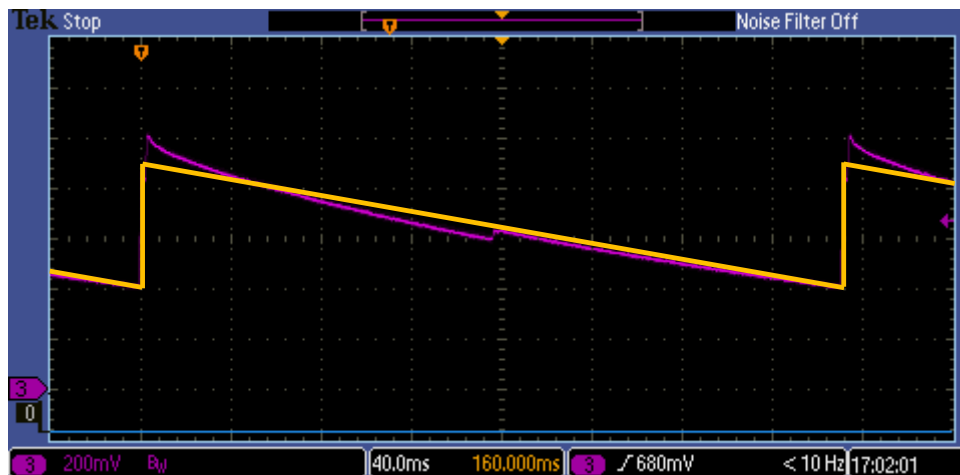


Abbildung 16: pink: Spannung über R1 mit 6 kΩ; gelb: Annäherung

$$I \approx \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{500 \text{ mV}/2 + 400 \text{ mV}}{6 \text{ k}\Omega} = 108.33 \mu\text{A}$$

$$P \approx \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(500 \text{ mV}/2 + 400 \text{ mV})^2}{6 \text{ k}\Omega} = 70.417 \mu\text{W}$$

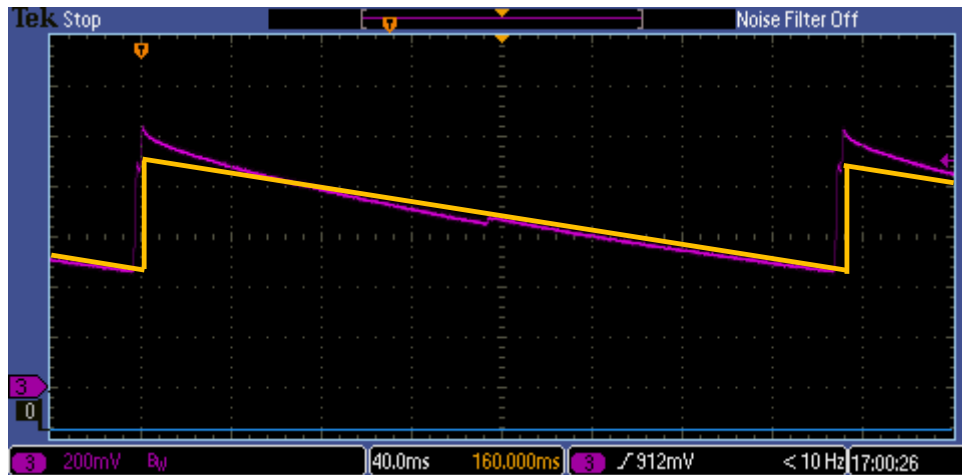


Abbildung 17: pink: Spannung über R1 mit 7 kΩ; gelb: Annäherung

$$I = \frac{\Delta U/2 + U_{min}}{R} = \frac{460 \text{ mV}/2 + 460 \text{ mV}}{7 \text{ k}\Omega} = 98.571 \mu\text{A}$$

$$P = \frac{(\Delta U/2 + U_{min})^2}{R} = \frac{(680 \text{ mV}/2 + 200 \text{ mV})^2}{3 \text{ k}\Omega} = 68.014 \mu\text{W}$$

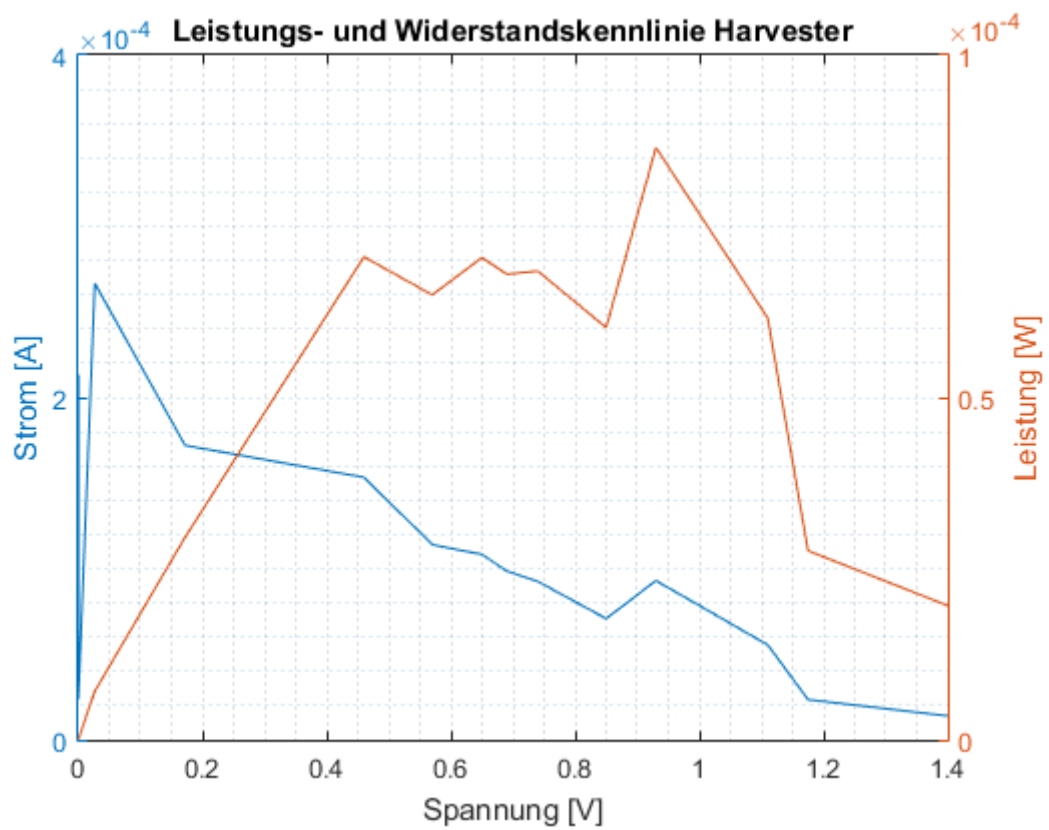


Abbildung 18: Leistungs- und Widerstandskennlinie

## 4 Schlusswort

Zur Ermittlung des MPPT-Ratio musste die Leistungskennlinie aufgenommen werden. Die maximale Leistung tritt bei der Spannung 0.93 V auf, die durchschnittliche Spannung vom unbelasteten Harvester liegt bei ca. 1.4 V, daraus lässt sich das Verhältnis ausrechnen. Das Verhältnis, welches auf dem EM-Board eingestellt werden sollte, beträgt also 66.43%.

## 5 Inventar

KO:	Tektronix MSO2024; Serie-Nr. C012115
Multimeter:	Extech Instruments True RMS Multimeter 430; Serie-Nr. 150400038
Widerstand:	1 $\Omega \pm 1\%$ 10 $\Omega \pm 1\%$
Potentiometer:	Vishay 534-11104, 100 k $\Omega \pm 5\%$