



Übungsblatt zur Vorlesung Einführung und Grenzflächenaspekte der Photovoltaik

PD Dr. Thomas Dittrich, PD Dr. Thomas Hannappel,
Dipl.-Ing. Julian Tornow



Übungsblatt 6

Aufgabe 1 (6 Punkte)

- Formuliere den ersten Hauptsatz der Thermodynamik und erkläre kurz die dafür wichtige innere Energie U und erkläre, warum sie eine Zustandsgröße ist.
- Formuliere den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und erkläre kurz die dafür wichtige Entropie S . Welche wesentliche Eigenschaft hat die Entropie und handelt es sich um eine Zustandsgröße?
- Berechne den Carnot-Wirkungsgrad für eine 300 K warme Solarzelle und vergleiche den Wert mit dem Wirkungsgrad der Zelle, wenn man die Eigenschaft der Bandlücke berücksichtigt ($\eta = 43.76\%$, vgl. Übungsblatt 1, Aufgabe 2e).

Aufgabe 2 (6 Punkte)

Eine Konzentration-Solarzelle besteht aus einer Linse, die das Licht auf die Solarzelle fokussiert. In guter Näherung verhält sich die Kurzschlussstromdichte j proportional zur Konzentration K . Der Serienwiderstand der Solarzelle soll vernachlässigt werden.

- Erkläre qualitativ, warum aus der thermodynamischen Betrachtung heraus eine Lichtkonzentration den Wirkungsgrad der Solarzelle erhöht.
- Wie verhält sich die Leerlaufspannung V_{OC} in Abhängigkeit der Konzentration?
- Wie verändert sich der Wirkungsgrad von Konzentration-Solarzellen mit keiner, 10-facher und 100-facher Konzentration? Bedenke, dass bei Konzentration die Linsenfläche mindestens um den Konzentrationsfaktor K größer als die Zellfläche sein muss.

Aufgabe 3 (6 Punkte)

Der maximale Wirkungsgrad einer single-junction pn-Solarzelle lässt sich nach Shockley und Queisser berechnen nach:

$$\eta = \eta_{\text{absorption}} \cdot \eta_{\text{thermalisierung}} \cdot \eta_{\text{thermodynamisch}} \cdot FF$$

Dabei ist $\eta_{\text{absorption}}$ die Quanteneffizienz (sie darf hier als 1 angenommen werden), $\eta_{\text{thermalisierung}}$ die Effizienz bei einem Schwarzkörperstrahler und optimaler Bandlücke (vgl. Übung 1, Aufgabe 2e), FF der Füllfaktor und $\eta_{\text{thermodynamisch}}$ das Verhältnis von Leerlaufspannung V_{OC} zur Bandlückenspannung E_G/q . Da in $\eta_{\text{thermodynamisch}}$ sowohl die Kurzschlussstromdichte j_L als auch die Sperrsättigungsstromdichte j_0 stecken, fließen hier die Rekombinationsprozesse ein. Die optimale Bandlücke für die Absorption des Spektrums eines schwarzen Strahlers bei 5762 K liegt bei 1.08 eV (vgl. Übung 1, Aufgabe 2d)

- a) Wie groß ist die Kurzschlussstromdichte einer Solarzelle mit $E_G = 1.08 \text{ eV}$ auf der Erde (ohne Atmosphäre) und bei nur strahlender Rekombination. Der Geometriefaktor g kann aus Übung 1, Aufgabe 2a ermittelt werden zu $g = (\text{Sonnenradius})^2 / (\text{Abstand Erde-Sonne})^2$.
- b) Der Faktor f beschreibe den Anteil der strahlenden Rekombination an der Gesamtrekombination. Wie verringert sich die Kurzschlussstromdichte in Abhängigkeit von f und welche Leerlaufspannung V_{OC} hat die Zelle?
- c) Eine typische Sättigungsstromdichte ist $10^{-11} \text{ Acm}^{-2}$ und ein typischer Füllfaktor liegt bei 90%. Vergleiche den maximalen Solarzellen-Wirkungsgrad, wenn nur strahlende bzw. 80% nicht-strahlende Rekombination (wie typischerweise am Arbeitspunkt der Si-Solarzelle der Fall) vorliegt.