



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN



370.007 FACHVERTIEFUNG ENERGIESYSTEME

INVESTITIONSRECHNUNG FÜR HAUSHALTE

GRUPPE: D

DATUM: 19.05.2020

AUTOREN: TANJA MOSER 01526699

ANDREAS PATHA 01609934

TIM EDINGER 01525912

KONSTANTIN KOBEL 01525841

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
1.1	Aufgabe 3.1	3
1.2	Aufgabe 3.2	4
1.3	Aufgabe 3.3	5
1.4	Aufgabe 3.4	5
2	Berechnungen	6
2.1	Zinsen	6
2.1.1	Aufzinsen	6
2.1.2	Abzinsen	7
2.2	Barwertmethode	7
2.3	Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung	8
3	Ergebnisse	10
3.1	Aufgabe 3.1	10
3.1.1	3.1.a - Barwert einer 10kWp PV-Anlage	10
3.2	Aufgabe 3.2	11
3.3	Aufgabe 3.3	11
3.4	Aufgabe 3.4	11
4	Literatur	12

1 Aufgabenstellung

Das Ziel der dritten Übung ist es, die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage, für einen Haushalt, zu errechnen.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung ist ein wichtiges Instrument um Technologien aus volkswirtschaftlicher Sicht zu bewerten, Unternehmen eine Hilfe bei Investitionsentscheidungen zu bieten, staatliche Förderungen zu planen und Zahlungen an unterschiedlichen Zeitpunkten zu bewerten.

1.1 Aufgabe 3.1

Aufgabe 3.1 befasst sich mit dem Barwert (= dem Kapitalwert) einer 10kWp PV-Anlage. In dieser ersten Aufgabe wird davon ausgegangen, dass die gesamte Produktion verkauft wird.

Zur Berechnung werden folgende **Parameter** definiert:

- Der Zinssatz beträgt 4%.
- Die Systemkosten betragen $1200\text{€}/\text{kWp}$.
- Die Betriebskosten/die Versicherung belaufen sich auf $4\text{€}/(\text{kWp a})$.
- Die Lebensdauer der PV-Anlage kann mit 25 Jahren angenommen werden.
- Der $Einspeisetarif_{OeMAG}$ beträgt $8.24\text{Cent}/\text{kWh}$.
- Die $Förderdauer_{OeMAG}$ beträgt 13 Jahre.
- Die relevanten Spotpreise werden in der Datei *Spotpreise.mat* zur Verfügung gestellt.
- Informationen zu Förderungen können folgendem Link entnommen werden:
<http://www.oem-ag.at/de/foerderung/photovoltaik/>

Es werden folgende **Annahmen** getroffen:

- Das Jahr 2016 steht exemplarisch für jedes kommende Jahr.
- Auch nach dem Vertragsende wird der Strom, bis zum Ende der Lebensdauer, am Spotmarkt verkauft. Die Preise entsprechen dabei den Preisen aus dem Jahr 2016.

Die **Aufgaben** lauten:

- a) Berechnen Sie den Barwert (= Kapitalwert) einer 10 kWp PV-Anlage unter der Annahme, dass die gesamte Produktion am Spotmarkt verkauft wird.

- Wie hoch dürfen die Investitionskosten maximal sein, damit die Wirtschaftlichkeit der Investition positiv bewertet wird (Barwert > 0)?
 - Stellen Sie die Entwicklung des Kapitalwerts (=Barwert) der Investition über die Lebensdauer in einem Diagramm dar.
- b) Führen Sie die Berechnung noch einmal unter der Annahme durch, dass Sie den aktuellen OeMAG Einspeisetarif für 13 Jahre erhalten.
Vergleichen Sie diesen Fall mit dem nicht geförderten Fall.

1.2 Aufgabe 3.2

In Aufgabe 3.2 wird der Eigenverbrauch der Haushalte berücksichtigt und nur noch der Überschuss der Produktion verkauft.

Folgende **Parameter** sind gegeben:

- Es handelt sich um eine $5kWp$ PV-Anlage.
- Das Einspeiseprofil der PV-Anlage wird in der Datei *PV_Einspeiseprofil.mat* zur Verfügung gestellt.
- Der Standort der PV-Anlage ist Wien.
- Die Ausrichtung der PV-Anlage ist mit einem Azimut von 180° und einem Neigungswinkel von 30° gegeben.
- Die benötigte Leistung der Haushalte ist in der Datei *LeistungHaushalte.mat* definiert.

Die **Aufgaben** lauten:

- a) Berechnen Sie den Eigenverbrauch und die Überschusseinspeisung einer $5kWp$ -Anlage für 5 der gegebenen 30 Haushalte.
- b) Stellen Sie die Entwicklung des Eigenverbrauchsanteils und der Deckungsgrade der Haushalte für eine Anlagengröße von $0kWp$ bis $20kWp$ für die 5 Haushalte dar.
- c) Erstellen Sie eine Grafik, in der die Erzeugung, die Last und der Eigenverbrauch für die Woche 3 und 25 für Haushalt 1 dargestellt wird. Verwenden Sie für die Darstellung des Eigenverbrauchs die Plot-Funktion *area*.

1.3 Aufgabe 3.3

In Aufgabe 3.3 sollen die Berechnungen von Aufgabe 3.2 erweitert werden.

Dazu werden folgende **Annahmen** getroffen:

- Für den Eigenverbrauch kann eine Ersparnis in Höhe des Haushaltsstrompreises angesetzt werden. Diese beträgt 15 Cent/kWh .
- Für die Überschusseinspeisung kann ein Einspeisetarif von 5 Cent/kWh angenommen werden.

Die **Aufgaben** lauten:

- a) Erstellen Sie eine Investitionsrechnung (Barwert) für die 5 gegebenen Haushalte und einer Anlagengröße von 5 kWp . Vergleichen Sie dazu den Fall mit PV-Anlage mit dem Fall ohne PV-Erzeugung.
- b) Wie hoch dürfen die spezifischen Investitionskosten (EUR/kW) je Haushalt maximal sein, damit die Investition als wirtschaftlich gewertet wird?

1.4 Aufgabe 3.4

In Aufgabe 3.4 soll eine Beurteilung von PV-Anlagen in Österreich, auf Basis der in den vorigen Aufgaben durchgeführten Berechnungen, getroffen werden.

Die **Fragen** lauten:

- a) Erstellen Sie eine Investitionsrechnung (Barwert) für die 5 gegebenen Haushalte und einer Anlagengröße von 5 kWp . Vergleichen Sie dazu den Fall mit PV-Anlage mit dem Fall ohne PV-Erzeugung.
- b) Wie hoch dürfen die spezifischen Investitionskosten (EUR/kW) je Haushalt maximal sein, damit die Investition als wirtschaftlich gewertet wird?

2 Berechnungen

2.1 Zinsen

Wie bereits im Kapitel Aufgabenstellung erwähnt, ist die Wirtschaftlichkeitsrechnung ein wichtiges Instrument für unterschiedlichste Akteure.

Einen starken Einfluss auf diese Berechnung haben Zinsen.

Zinsen bezeichnen in der Wirtschaft das Entgelt, das der Schuldner dem Gläubiger als Gegenleistung für vorübergehend überlassenes Kapital zahlt.

Sie haben mehrere Interpretationen und Funktionen:

- Funktion des **Entgelts für entliehenes Kapital**. In diesem Fall geht es um einen Mindest-Zinssatz der erreicht werden muss um die minimalen Kosten des Kapitaleinsatzes zu decken.
- Funktion der **Zeitpräferenz**. Sie beschreibt die Präferenz den Konsum in der Gegenwart zu tätigen und nicht auf einen zukünftigen Zeitpunkt zu warten.
- Funktion des **Allokationsmechanismus**. Diese Interpretation erlaubt Messungen und bietet eine Entscheidungshilfe. Die Funktion der Zinsen ist in diesem Fall, dass das "knappe Gut" Kapital möglichst sinnvoll verteilt wird.
- Funktion des **Risikoindikators**. Das mit der Investition verbundene Risiko hat einen starken Einfluss auf den Zinssatz.

Die Zahlungsströme (= Cash Flows) werden durch Zinsen gewichtet.

2.1.1 Aufzinsen

Beim Aufzinsen geht es um die Frage nach dem Wert von Kapital, nach n Jahren. Für die Berechnung gehen wir davon aus, dass das Kapital zum Zeitpunkt $t = 0$ eingezahlt wird.

Die Berechnung kann mit folgender Formel erfolgen:

$$K_n = K_0 * (1 + r)^n \quad (1)$$

- K_n entspricht dem Wert des Kapitals nach n Jahren.
- K_0 ist der Wert des Kapitals zum Zeitpunkt der Einzahlung. (zum Zeitpunkt $t = 0$)
- n ist die Dauer des Betrachtungszeitraums in Jahren.
- r entspricht dem Zinssatz pro Jahr.

Der Wert des Kapitals wächst bei einem positiven Zinssatz r nach n Perioden exponentiell an.

2.1.2 Abzinsen

Bei der Bewertung einer Investition wird üblicherweise der Wert des zukünftigen Zahlungsstroms, zum Zeitpunkt $t = 0$, ermittelt. Dieser Wert wird dann der Investition gegenübergestellt.

Die Berechnung kann mit Hilfe folgender Formel durchgeführt werden:

$$K_0 = \frac{K_n}{(1+r)^n} \quad (2)$$

- K_n ist der Wert des Kapitals nach n Jahren.
- K_0 entspricht dem Wert des Kapitals zum Zeitpunkt der Einzahlung. (zum Zeitpunkt $t = 0$)
- n ist die Dauer des Betrachtungszeitraums in Jahren.
- r entspricht dem Zinssatz pro Jahr.

2.2 Barwertmethode

Die Barwertmethode ist eine Methode der dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung bei der der Barwert (= Net Present Value NPV) errechnet wird. Sie liefert eine Aussage über die Sinnhaftigkeit einer Investition.

Zur Bestimmung des Barwertes einer Investition werden alle Zahlungsströme (= Cash Flows), eines bestimmten Betrachtungszeitraumes, auf den Zeitpunkt $t = 0$, mit dem erwarteten Zinssatz r , abgezinst und addiert. Damit werden alle Zahlungen auf den Zeitpunkt 0 bezogen.

Die Berechnung des Net Present Values erfolgt mit folgender Formel:

$$NPV = -I_0 + \frac{E_1 - A_1}{(1+r)} + \frac{E_2 - A_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{E_n - A_n}{(1+r)^n} + \frac{L}{(1+r)^n} \quad (3)$$

Andere Schreibweisen dieser Formel sind

$$NPV = -I_0 + \frac{CF_1}{(1+r)} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} + \frac{L}{(1+r)^n} \quad (4)$$

oder

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} + \frac{L}{(1+r)^n} \quad (5)$$

- NPV entspricht dem Nettobarwert der Investition in Euro.
- I_0 sind die Investitionskosten zum Zeitpunkt 0 in Euro.
- E_i sind die Einnahmen in der Periode i in Euro.
- A_i sind die Ausgaben und Kosten in der Periode i in Euro.
- CF_i entspricht dem Cash Flow in der Periode i in Euro. ($E_i - A_i$ entspricht einem Cash Flow)
- r ist der gewählte Kalkulationszinssatz bei der Barwertrechnung bzw. der gesuchte Zinssatz bei der Berechnung des internen Zinsfuß.
- L ist der Restwert der Investition am Ende des Betrachtungszeitraums in Euro.
- n entspricht der Dauer des Betrachtungszeitraums in Jahren.

Wie bereits eingangs beschrieben, trifft die Barwertmethode eine Aussage über die Sinnhaftigkeit einer Investition.

Wenn der Wert NPV größer als 0 ist, lohnt sich die Investition. Ist der NPV kleiner als 0, sollte von einer Investition abgesehen werden.

2.3 Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung

Bei den Berechnungen zum Eigenverbrauch und der Überschusseinspeisung wird von einem oder mehreren Haushalten, mit eigener Strom Produktion, ausgegangen.

In diesem Kontext sind drei Begriffe relevant:

- **Eigenverbrauchsanteil** - Der Eigenverbrauchsanteil entspricht dem Anteil des Eigenverbrauchs an der eigenen Gesamterzeugung.

Die Berechnung erfolgt über die Formel

$$\text{Eigenverbrauchsanteil} = \frac{\text{Eigenverbrauch}}{\text{Gesamterzeugung}} \quad (6)$$

- **Deckungsgrad** - Der Deckungsgrad ist das Verhältnis des Eigenverbrauchs zum gesamten Stromverbrauch. Er gibt den Anteil des Stromverbrauchs an, der durch die eigene Produktion gedeckt werden kann.

Die Formel, zur Berechnung, lautet

$$\text{Deckungsgrad} = \frac{\text{Eigenverbrauch}}{\text{Stromverbrauch}} \quad (7)$$

- **Energetischer Deckungsgrad** - Der energetische Deckungsgrad gibt das Verhältnis der Gesamterzeugung zum gesamten Stromverbrauch an.

Die Formel lautet

$$Deckungsgrad_{energetisch} = \frac{Gesamterzeugung}{Stromverbrauch} \quad (8)$$

3 Ergebnisse

3.1 Aufgabe 3.1

3.1.1 3.1.a - Barwert einer 10kWp PV-Anlage

In Aufgabe 3.1.a soll der Barwert einer 10kWp Anlage berechnet werden. Die Parameter der PV-Anlage sind in Kapitel Aufgabe 3.1 definiert.

Der Barwert der PV-Anlage wird mit der Formel aus Kapitel Barwertmethode berechnet.

Der MATLAB Code, zur Berechnung des Barwerts, ist folgender:

```
NPV = -Systemkosten*Anlagenleistung;
for i = 1:25
    if i <= 9
        Preis_i = table2array(Spotpreis(:,i))
                ./100;
    else
        Preis_i = table2array(Spotpreis(:,9))
                ./100;
    end
    CF = sum(PV_profil.*10.*Preis_i)-Betriebskosten*
        Anlagenleistung;
    NPV = NPV + CF/(1+Zinssatz)^i;
end
```

Daraus ergibt sich das in Abbildung 1 dargestellte Diagramm.

Die maximalen Investitionskosten für die positive Bewertung der Wirtschaftlichkeit, im Fall, dass die gesamte Produktion am Spotmarkt verkauft wird, sind 50.964€.

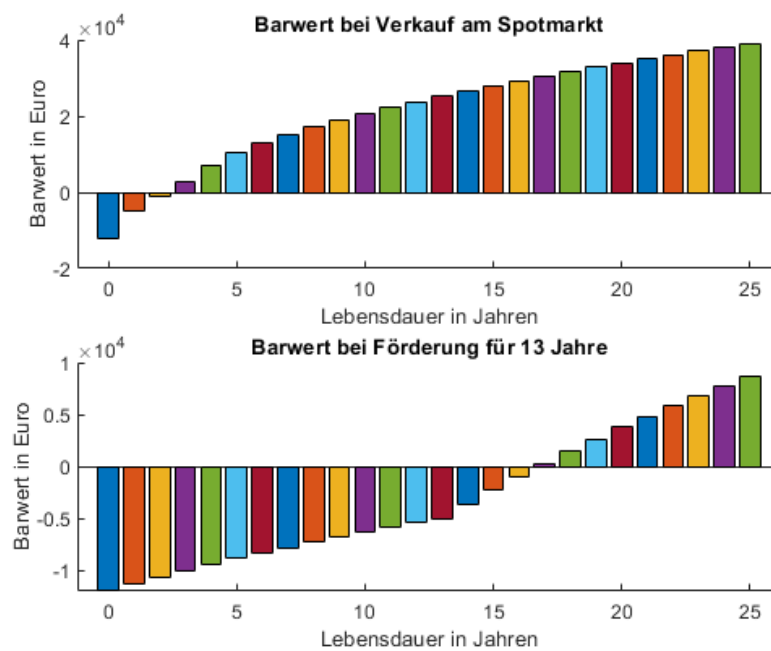


Abbildung 1: TODO!

3.2 Aufgabe 3.2

3.3 Aufgabe 3.3

3.4 Aufgabe 3.4

4 Literatur

- Literatur 1

Abbildungsverzeichnis

1	11
---	-------	----