



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 -Verkauf der gesamten Produktion	10
3.1.1	3.1.a - Barwert einer 10kWp PV-Anlage bei Verkauf am Spotmarkt	10
3.1.2	3.1.b - Barwert einer 10kWp PV-Anlage mit Förderung	11
3.1.3	Vergleich von Aufgabe 3.1.a und Aufgabe 3.1.b	12
3.2	Aufgabe 3.2 - Eigenverbrauch	13
3.2.1	Aufgabe 3.2.a - Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung	13
3.2.2	Aufgabe 3.2.b - Entwicklung des Eigenverbrauchsanteils und der Deckungsgrade	14
3.2.3	Aufgabe 3.2.c - Darstellung der Last und des Eigenverbrauchs	16
3.3	Aufgabe 3.3	17
3.3.1	Aufgabe 3.3.a - Vergleich des Barwerts der Haushalte mit und ohne PV-Anlage	17
3.3.2	Aufgabe 3.3.b - Maximale spezifischen Investitionskosten je Haushalt	19
3.4	Aufgabe 3.4	20
3.4.1	Aufgabe 3.4.a - Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen in Österreich	20
3.4.2	Aufgabe 3.4.b - Förderung von PV-Anlagen in Österreich	20

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 $1200\text{€}/kWp$.
- Die Betriebskosten/die Versicherung belaufen sich auf $4\text{€}/(kWp a)$.
- Die Lebensdauer der PV-Anlage kann mit 25 Jahren angenommen werden.
- Der $Einspeisetarif_{OeMAG}$ beträgt $8.24\text{Cent}/kWh$.
- Die $Förderdauer_{OeMAG}$ beträgt 13 Jahre.
- Die relevanten Spotpreise werden in der Datei *Spotpreise.mat* zur Verfügung gestellt. (in $\text{€}/MWh$)
- Der Investitionszuschuss, in Höhe von 40% der Errichtungskosten, jedoch maximal 375€ , ist zu beachten. Er geht in den jährlichen Cash Flow mit ein.
- Weitere 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 nicht selbst erzeugten Strom muss der Haushaltsstrompreis in Höhe von 15 Cent/kWh bezahlt werden.
- Für die Überschusseinspeisung kann ein Einspeisetarif von 5 Cent/kWh angenommen werden.
- Die Investitionskosten der PV-Anlage sollen berücksichtigt 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? Wie hoch dürfen die Investitionskosten maximal sein, damit der Fall mit PV-Anlage wirtschaftlicher ist als der Fall ohne PV-Anlage?

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 -Verkauf der gesamten Produktion

3.1.1 3.1.a - Barwert einer 10kWp PV-Anlage bei Verkauf am Spotmarkt

In Aufgabe 3.1.a soll der Barwert einer 10kWp Anlage berechnet werden. Im ersten Fall wird davon ausgegangen, dass die gesamte Produktion der PV-Anlage am Spotmarkt verkauft wird. Die Parameter der PV-Anlage, sowie die Spotmarktpreise, können Kapitel Aufgabe 3.1 entnommen werden.

Die Vorgangsweise, zur Ermittlung des Barwertes, wird in Kapitel Barwertmethode erklärt.

Da die Datei *Spotpreis.mat* die stündlichen Preise für nur neun Jahre beinhaltet, werden die Preise des neunten Jahres für die restlichen 16 Jahre des Betrachtungszeitraums genommen.

In MATLAB ergibt sich dadurch folgender Code:

```
NPV=-Systemkosten*Anlagenleistung;

Investitionszuschuss = min(Systemkosten*Anlagenleistung*
    Investitionszuschuss_prozent ,
    Investitionszuschuss_max*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.*Anlagenleistung.*Preis_i)+
        Investitionszuschuss-Betriebskosten*
        Anlagenleistung;

    NPV=NPV+CF/(1+Zinssatz)^i;
end
```

- **NPV** ist der Net Present Value der PV-Anlage, für das jeweilige Jahr.
- **Investitionszuschuss** entspricht dem jährlichen Investitionszuschuss. Dieser entspricht 40% der Errichtungskosten, jedoch maximal 375€.

- **CF** entspricht der Summe der Cash Flows, für das jeweilige Jahr.
- **Anlagenleistung** entspricht einem Wert von 10 (in kWp).
- **Zinssatz** ist 0.04 (in %).
- **Systemkosten** beträgt 1200 (in $\text{€}/kWp$).
- **Betriebskosten** entspricht 4 (in $\text{€}/kWp$).

Der Verlauf des NPV, der Anlage, wird in der oberen Hälfte von Abbildung 1 dargestellt.

Zusätzlich sollten die maximalen Investitionskosten ermittelt werden, damit die Wirtschaftlichkeit der Investition positiv bewertet wird. Diese errechnen sich aus dem NPV nach 25 Jahren plus der Investitionskosten.

$$\text{Max_Invest_Gesamtverkauf} = \text{NPV} + \text{Anlagenleistung} * \text{Systemkosten};$$

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

3.1.2 3.1.b - Barwert einer 10kWp PV-Anlage mit Förderung

In Aufgabe 3.1.b soll die Berechnung von Aufgabe 3.1.a dahingehend erweitert werden, dass man eine Förderung in der Höhe des aktuellen OeMAG Einspeisetarif für 13 Jahre erhält. Nach Vertragsende wird der Strom bis zum Ende der Lebensdauer am Spotmarkt verkauft.

Der MATLAB Code aus Aufgabe 3.1.a muss für die neue Annahme folgendermaßen erweitert werden:

```
NPV = -Systemkosten*Anlagenleistung;

for i = 1:25
    if i <= Foerderdauer
        Preis_i = Einspeisetarif;
    else
        Preis_i = table2array(Spotpreis(:,9))
            ./100;
    end
    CF = sum(PV_profil.*Anlagenleistung.*Preis_i)+
        Investitionszuschuss - Betriebskosten*
        Anlagenleistung;
```

$$\text{NPV} = \text{NPV} + \text{CF} / (1 + \text{Zinssatz})^i;$$

end

- **Einspeisetarif** entspricht 0.0824 (in €).
- **Foerderdauer** ist 13 (in Jahren).

Das Ergebnis für Aufgabe 3.1.b wird in der unteren Hälfte von Abbildung 1 dargestellt.

3.1.3 Vergleich von Aufgabe 3.1.a und Aufgabe 3.1.b

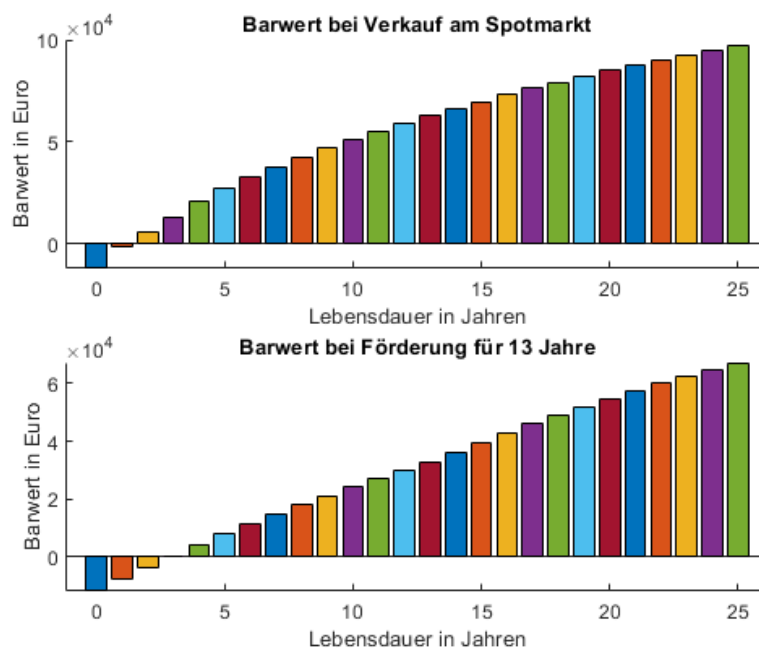


Abbildung 1: Der Barwert, der in Kapitel Aufgabe 3.1 definierten PV-Anlage, über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren.

Wie bereits in Kapitel Barwertmethode erwähnt, trifft die Barwertmethode eine Aussage über die Sinnhaftigkeit einer Investition.

Der Vergleich in Abbildung 1 zeigt, dass der Barwert der PV-Anlage im Fall aus Aufgabe 3.1.a bereits im zweiten Jahr positiv ist. (ein positiver NPV spricht für die Investition, ein negativer dagegen)

Unter der Annahme aus Aufgabe 3.1.b erreicht die PV-Anlage nach vier Jahren einen positiven NPV. Weiters ist der NPV, aus Aufgabe 3.1.a, nach 25 Jahren bei ungefähr 100.000€, während der NPV aus Aufgabe 3.1.b nach 25 Jahren nur circa 60.000€ beträgt.

Demnach ist der Verkauf der gesamten Produktion auf dem Spotmarkt lukrativer, als die Förderung der PV-Anlage.

3.2 Aufgabe 3.2 - Eigenverbrauch

3.2.1 Aufgabe 3.2.a - Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung

In Aufgabe 3.2.a soll der Eigenverbrauch und die Überschusseinspeisung einer $5kWp$ Anlage, mit Standort Wien, für 5 Haushalte, errechnet werden.

Unter den Annahmen aus Kapitel Aufgabe 3.2, sowie den Formeln aus Kapitel Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung ergibt sich folgender MATLAB Code:

```
PV_Einspeiseenergie_a = Leistung_Vec_Temperatur_Temp
    .*5.*0.25.*1000;

EigenverbrauchHaushalt_a = zeros(35040, 5);
EigenverbrauchHaushaltGesamt_a = zeros(1,5);
UeberschussHaushalt_a = zeros(1,5);

PV_EinspeiseenergieGesamt_a = sum(PV_Einspeiseenergie_a)
;
for i=1:5
    for j=1:size(LeistungHaushalte)
        if PV_Einspeiseenergie_a(j) <
            LeistungHaushalte(j,i)
                EigenverbrauchHaushalt_a(j,i) =
                    PV_Einspeiseenergie_a(j);
            else
                EigenverbrauchHaushalt_a(j,i) =
                    LeistungHaushalte(j,i);
            end
        end
    end
    EigenverbrauchHaushaltGesamt_a(i) = sum(
        EigenverbrauchHaushalt_a(:,i));
    UeberschussHaushalt_a(i) =
        PV_EinspeiseenergieGesamt_a -
        EigenverbrauchHaushaltGesamt_a(i);
end
```

- **PV_Einspeiseenergie_a** entspricht der Energie der $5kWp$ Anlage. Die Variable *Leistung_Vec_Temperatur_Temp* stammt aus der Datei *PV_Einspeiseprofil.mat*.

- **EigenverbrauchHaushalt_a** ist der Eigenverbrauch eines Haushalts. Er wird in der Datei *LeistungHaushalte.mat* zur Verfügung gestellt.
- **UeberschussHaushalt_a** entspricht der Überschuss-Energie des jeweiligen Haushalts. Dieser Wert errechnet sich aus der Differenz zwischen der gesamten Einspeiseenergie und dem gesamten Eigenverbrauch des jeweiligen Haushalts.
- **EigenverbrauchHaushaltGesamt_a** ist der gesamte Eigenverbrauch eines Haushalts, über ein Jahr.

Alle Werte liegen in 15-Minuten Intervallen vor.

Die Werte für den Eigenverbrauch und den Überschuss der Haushalte sind in den Dateien *EigenverbrauchHaushalt.mat* und *UeberschussHaushalt.mat* gespeichert.

3.2.2 Aufgabe 3.2.b - Entwicklung des Eigenverbrauchsanteils und der Deckungsgrade

Aufgabe 3.2.b beleuchtet die Entwicklung des Eigenverbrauchsanteils und der Deckungsgrade der Haushalte, für eine variable Anlagengröße von 0 bis $20kWp$.

Die Formeln zur Errechnung des Eigenverbrauchsanteils und des Deckungsgrades sind in Kapitel Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung definiert.

Die Umsetzung in MATLAB sieht folgendermaßen aus:

```
EigenverbrauchHaushalt_b = zeros(1, 35040);
EigenverbrauchHaushaltGesamt_b = zeros(20, 5);
StromverbrauchHaushalt_b = zeros(1, 5);

for i=1:5
    for j=1:Anlagenleistung_Max
        PV_Einspeiseenergie_b=
            Leistung_Vec_Temperatur_Temp.*j
            .*0.25.*1000;

        for k=1:size(LeistungHaushalte)
            if PV_Einspeiseenergie_b(k)<
                LeistungHaushalte(k,i)
                EigenverbrauchHaushalt_b
                    (k)=
                    PV_Einspeiseenergie_b
                    (k);
```

```

else
    EigenverbrauchHaushalt_b
        (k)=LeistungHaushalte
            (k,i);
end
end

EigenverbrauchHaushaltGesamt_b(j,i)=sum(
    EigenverbrauchHaushalt_b);
Gesamterzeugung_b = sum(
    PV_Einspeiseenergie_b);
StromverbrauchHaushalt_b(i)=sum(
    LeistungHaushalte(:,i));
end
end

```

Die Variablen entsprechen denen aus dem MATLAB Code von Aufgabe 3.2.a. Als einziger Unterschied ist zu nennen, dass die Dimension der einzelnen Variablen sich unterscheidet. So entspricht die Variable *EigenverbrauchHaushalt_b* zum Beispiel, einer Matrix die den Eigenverbrauch für jeden der fünf Haushalte, in Abhängigkeit der Größe der PV-Anlage, beinhaltet.

Die Darstellung der Werte aus *EigenverbrauchHaushalt_b* ergibt das in Abbildung 2 dargestellte Diagramm.

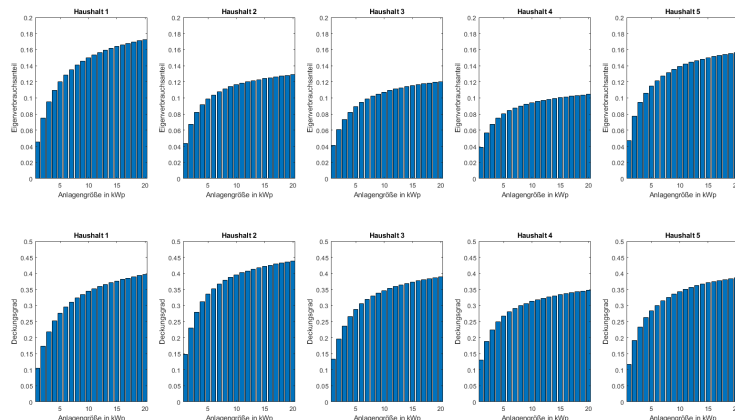


Abbildung 2: Die Entwicklung des Eigenverbrauchsanteils und der Deckungsgrade, der ersten fünf Haushalte, für eine Anlagengröße von 0 bis 20 kWp.

3.2.3 Aufgabe 3.2.c - Darstellung der Last und des Eigenverbrauchs

In Aufgabe 3.2.c sollen die Erzeugung, die Last und der Eigenverbrauch für Haushalt 1, in einem Diagramm dargestellt werden.

Da die Berechnungen hierfür bereits in den Aufgaben 3.2.a durchgeführt wurden, müssen die Daten lediglich noch in dem geforderten *area* Plot dargestellt werden.

Der MATLAB Code dazu sieht wie folgt aus:

```
Woche_3(:,1)=EigenverbrauchHaushalt_a(1345:2017,1);
Woche_3(:,2)=LeistungHaushalte(1345:2017,1);
Woche_3(:,3)=PV_Einspeiseenergie_a(1345:2017);
```

```
Woche_25(:,1)=EigenverbrauchHaushalt_a(16129:16801,1);
Woche_25(:,2)=LeistungHaushalte(16129:16801,1);
Woche_25(:,3)=PV_Einspeiseenergie_a(16129:16801);
```

Das daraus resultierende Diagramm wird in Abbildung 3 dargestellt.

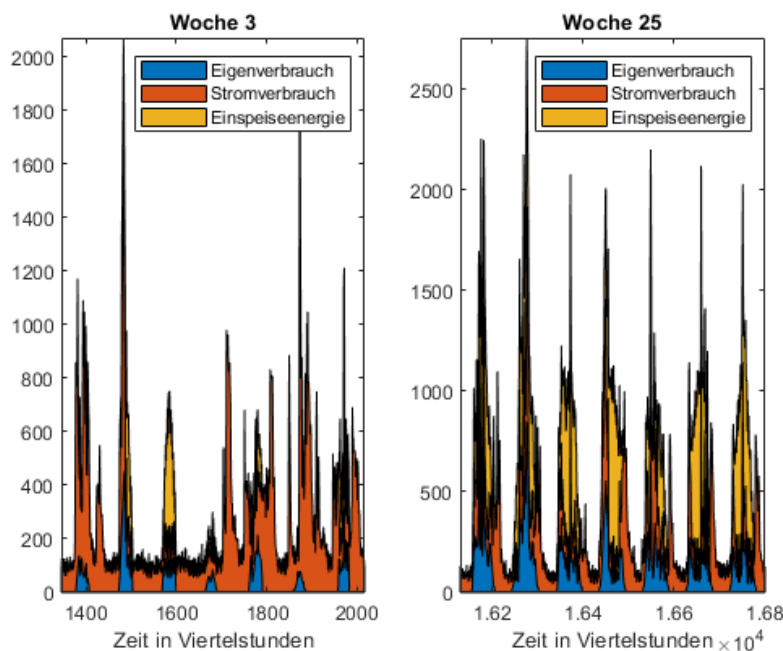


Abbildung 3: Die Anteile Eigenverbrauch, Stromverbrauch und Einspeiseenergie für den Haushalt 1, in den Wochen 3 und 25 des Jahres 2016.

Durch die kürzeren Tage in der Woche 3 steigt der Stromverbrauch des Haushaltes, da Energiekonsumenten wie die Beleuchtung und die Beheizung eine längere Zeit aktiv sind.

Gleichzeitig sinkt jedoch die Energieproduktion der PV-Anlage aufgrund der geringeren Einstrahlung. Daraus resultiert für die Woche 3 eine sehr geringe Einspeiseenergie.

In der Woche 25 sinkt der Energiekonsum von Verbrauchern wie der Beleuchtung und der Beheizung, was zu einem wesentlich geringeren Stromverbrauch des Haushaltes beiträgt. Gleichzeitig ist die Einstrahlung in den Sommer-Monaten wesentlich höher, wodurch die Produktion der PV-Anlage steigt. Daraus resultiert eine hohe Einspeiseenergie für den Haushalt 1.

3.3 Aufgabe 3.3

3.3.1 Aufgabe 3.3.a - Vergleich des Barwerts der Haushalte mit und ohne PV-Anlage

In Aufgabe 3.3 soll die Investitionsrechnung für die fünf Haushalte aus Aufgabe 3.2 durchgeführt werden. Es wird wieder von einer PV-Anlage mit einer Größe von $5kWp$ ausgegangen.

Es soll für die Haushalte der Barwert für den Fall mit PV-Anlage mit dem Fall ohne PV-Anlage verglichen werden. Der Betrachtungszeitraum ist wieder 25 Jahre.

Folgender MATLAB Code errechnet sowohl den Barwert für den Fall mit PV-Anlage als auch für den Fall ohne PV-Anlage.

```
NPV_mitPV=zeros(1,5);
NPV_ohnePV=zeros(1,5);

Investitionszuschuss=min(Systemkosten*Anlagenleistung*
    Investitionszuschuss_prozent,
    Investitionszuschuss_max*Anlagenleistung_5_2);

for i = 1:5
    NPV_mitPV(i) =-Systemkosten*Anlagenleistung_5_2;
    NPV_ohnePV(i) = 0;

    for j = 1:25
        CF_mitPV=EigenverbrauchHaushaltGesamt_a(
            i)*Haushaltsstrompreis/100+
            UeberschussHaushalt_a(i)*
            Einspeisetarif_5_3/100+
            Investitionszuschuss-(
            StromverbrauchHaushalt_b(i)-
            EigenverbrauchHaushaltGesamt_a(i))*
```

```

        Haushaltsstrompreis/100–
        Betriebskosten*Anlagenleistung;
NPV_mitPV(i)=NPV_mitPV(i)+CF_mitPV/(1+
        Zinssatz)^j;

        CF_ohnePV=–StromverbrauchHaushalt_b(i)*
        Haushaltsstrompreis/100;
NPV_ohnePV(i)=NPV_ohnePV(i) + CF_ohnePV
        /(1+Zinssatz)^j;

    end
end

```

- **Systemkosten*Anlagenleistung_5_2** sind die Investitionskosten der PV-Anlage.
- **CF_mitPV** entspricht den Cash Flows eines Haushaltes mit PV-Anlage.
- **NPV_mitPV** ist ein Vektor, der für jeden Haushalt den Barwert, für den Fall mit PV-Anlage, nach i Jahren beinhaltet.
- **CF_ohnePV** entspricht den Cash Flows eines Haushaltes ohne PV-Anlage.
- **NPV_ohnePV** ist ein Vektor, der für jeden Haushalt den Barwert, für den Fall ohne PV-Anlage, nach i Jahren beinhaltet.

Abbildung 4 stellt den Barwert der einzelnen Haushalte, für beide Fälle, dar. Obwohl der Barwert in allen Fällen, mit Ausnahme von einem, negativ ist, ist er für den Fall mit PV-Anlage stets höher als für den Fall ohne PV-Anlage. Demnach verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Haushalte durch die Investition in eine PV-Anlage.

In Abbildung 5 wird die Differenz der beiden Fälle dargestellt.

Besonders hervor zu heben ist der Unterschied im NPV, für Haushalt 1, von circa 150.000€.

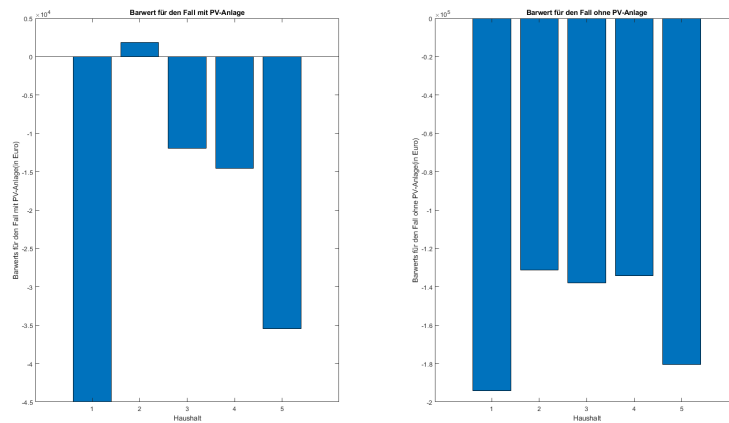


Abbildung 4: Die Barwerte der einzelnen Haushalte, für den Fall mit und ohne PV-Anlage, nach 25 Jahren.

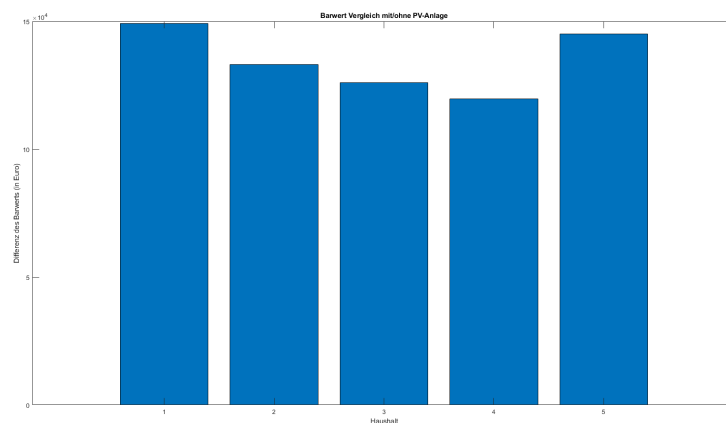


Abbildung 5: Der Unterschied des Barwerts vom Fall mit PV-Anlage, zum Fall ohne PV-Anlage, für jeden Haushalt.

3.3.2 Aufgabe 3.3.b - Maximale spezifischen Investitionskosten je Haushalt

Für Aufgabe 3.3.b sollen die maximalen spezifischen Investitionskosten je Haushalt errechnet, damit der Fall mit PV-Anlage wirtschaftlicher ist als der Fall ohne PV-Anlage.

Hierzu fügen wir dem MATLAB Code aus Aufgabe 3.3.a folgenden Code hinzu:

$$\text{Max_Invest_Vergleich}(i) = ((\text{NPV_mitPV}(i) + \text{Systemkosten} * \text{Anlagenleistung_5_2}) - \text{NPV_ohnePV}(i)) /$$

Anlagenleistung_5_2 ;

Die daraus resultierenden maximalen Investitionskosten sind in Tabelle 1 angeführt.

Haushalt 1	Haushalt 2	Haushalt 3	Haushalt 4	Haushalt 5
$3.1030e + 04\text{€}$	$2.7805e + 04\text{€}$	$2.6413e + 04\text{€}$	$2.5125e + 04\text{€}$	$3.0202e + 04\text{€}$

3.4 Aufgabe 3.4

3.4.1 Aufgabe 3.4.a - Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen in Österreich

Wie beurteilen Sie auf Basis der in der dieser Übung erlangten Erkenntnisse die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen in Österreich?

Diese Übung hat ergeben, dass der Barwert einer PV-Anlage im Schnitt nach einer Verwendung von nur fünf Jahren positiv wird. Über die gesamte Laufzeit gerechnet ergeben sich durch die Ersparnisse bzw. den Verkauf der Überschussleistung beträchtliche Summen. Aus rein elektrischer Sicht ist die Verwendung von PV-Anlagen daher als durchaus wirtschaftlich einzustufen.

3.4.2 Aufgabe 3.4.b - Förderung von PV-Anlagen in Österreich

Wie beurteilen Sie auf Basis der in der dieser Übung erlangten Erkenntnisse die Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen in Österreich?

Die Förderung von PV-Anlagen ist weiterhin zeitgemäß, weil dadurch auch im privaten Bereich Anreize geschaffen werden. Dies ist notwendig um dem stetig wachsenden Stromverbrauch Herr zu werden.

Abbildungsverzeichnis

1	Der Barwert, der in Kapitel Aufgabe 3.1 definierten PV-Anlage, über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren.	12
2	Die Entwicklung des Eigenverbrauchsanteils und der Deckungsgrade, der ersten fünf Haushalte, für eine Anlagengröße von 0 bis $20kWp$	15
3	Die Anteile Eigenverbrauch, Stromverbrauch und Einspeiseenergie für den Haushalt 1, in den Wochen 3 und 25 des Jahres 2016.	16
4	Die Barwerte der einzelnen Haushalte, für den Fall mit und ohne PV-Anlage, nach 25 Jahren.	19
5	Der Unterschied des Barwerts vom Fall mit PV-Anlage, zum Fall ohne PV-Anlage, für jeden Haushalt.	19