



Bildung mit Energie
ENTDECKEN, ERFORSCHEN, ERLEBEN

BEGLEITDOKUMENT - MODUL 4 **Bau einer Photovoltaikanlage – Planung, Wirtschaftlichkeit und Ansprechpartner**

zukunftsgeladen

Inhalt

1	Einordnung des Moduls in Gesamtkontext	3
2	Gesamtübersicht der Unterrichtseinheit	3
3	Ziele für diese Unterrichtseinheit	4
4	Checkliste zur Vorbereitung der Unterrichtseinheit	4
5	Detailerklärungen zu einzelnen Schwerpunkten der Agenda	4
5.1	Check-In (10min)	4
5.1.1	Erläuterung der Motivation für die kommenden Unterrichtseinheiten (UE)	4
5.1.2	Kennenlernen der SchülerInnen	5
5.2	Fallstudie Photovoltaik (60min)	6
5.2.1	Erläuterung einiger Konzepte, die den SchülerInnen noch nicht bekannt sein könnten (10min)	7
5.2.2	Bearbeitung der Aufgaben zur Fallstudie 1-6 (25min)	8
5.2.3	Erläuterung des Konzeptes Zeitwert des Geldes (10min)	11
5.2.4	Bearbeitung der Aufgaben zur Wirtschaftlichkeit 1-2 (15min)	12
5.3	Ansprechpartner und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage (15min)	15
5.4	Check-Out (5min)	16
6	Zusammenfassung	17
7	Anhang	18
7.1	Druckvorlage zu „Fallstudie Photovoltaik“ unter Kapitel 5.2 (Datei M4_01)	18
7.2	Druckvorlage zu „Ansprechpartner und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage“ unter Kapitel 5.3 (Datei M4_02)	19
7.3	Hintergrundinformationen „Ansprechpartner und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage“ unter Kapitel 5.3 (Datei M4_03)	21

1 Einordnung des Moduls in Gesamtkontext



2 Gesamtübersicht der Unterrichtseinheit

Agenda		
Zeit	Schwerpunkte	Inhaltliche Ausgestaltung
10 min	Check-In	
60 min	Fallstudie Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenständige Lösung einer Fallstudie durch die SchülerInnen • Mischung aus qualitativen und quantitativen Aufgaben (z. B. Auswahl eines geeigneten Gebäudes, Berechnung des optimalen Preis-Leistungs-Verhältnisses von Photovoltaik-Modulen) • Im Rahmen der Fallstudie Kurzvorstellung der Konzepte „Zeitwert des Geldes“ und Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Photovoltaikanlage • 10 min. Lesezeit, 50 min. Zeit für die Berechnung
15min	Ansprechpartner und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Spiel, in dessen Rahmen SchülerInnen herausfinden, welche Ansprechpartner & Institutionen für die Umsetzung einer Photovoltaikanlage involviert werden müssen • Zu jedem Ansprechpartner / jeder Institution gibt es eine kurze Erklärung • Das Spiel endet, wenn alle relevanten Ansprechpartner & Institutionen identifiziert wurden und die fiktive Photovoltaikanlage umgesetzt werden kann
5min	Check-Out	

3 Ziele für diese Unterrichtseinheit

Mit der Unterrichtseinheit (UE) zum Thema Wirtschaftlichkeit und Umsetzung einer Photovoltaikanlage zielen wir auf folgende Sachverhalte ab:

- Die SchülerInnen lernen im Rahmen einer Fallstudie spielerisch, welche technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Faktoren bei der Errichtung einer Photovoltaikanlage zu beachten sind.
- Für jede der drei Fachrichtungen (technisch, wirtschaftlich, rechtlich) werden Grundsatzthemen besprochen, wie Eigenverbrauch selbsterzeugter Energie, Zeitwert des Geldes und Punkte wie Anmeldung der Anlage beim Netzbetreiber und der Bundesnetzagentur.
- Durch den realistischen Ansatz der Fallstudie wird der Unternehmergeist der SchülerInnen gefördert. Sie lernen, sowohl qualitative als auch quantitative Faktoren abzuwägen, und basierend auf ihrer Einschätzung Entscheidungen zu treffen.
- Um sowohl eigenständiges Nachdenken zu fördern, als auch neues Wissen beizubringen, kommen unterschiedlichen Formate zum Einsatz: Selbstständige Berechnungen, offene Fragen zur Diskussion und Erläuterungen durch die Lehrkraft.

4 Checkliste zur Vorbereitung der Unterrichtseinheit

Vorbereiten

- Flipcharts mit Agenda, KPIs und Stimmungcheck erstellt (siehe 5.1.1)
- Hintergrundinformationen gelesen (siehe 7.3)
- Raum mit Pinn- / Magnetwand organisiert
- Skizzen zum Zeitwert des Geldes & zur Wirtschaftlichkeitsentwicklung der Photovoltaikanlage erstellt, Empfehlung DIN A3 (siehe 5.2)

Ausdrucken

- M4_01 „Fallstudie“, Empfehlung DIN A4 und mind. 1 Angabe pro zwei SchülerInnen (siehe 7.1)
- M4_02 „Druckvorlage Ansprechpartner Umsetzungsprozess PV-Anlage“, Empfehlung 1x DIN A0 farbig ; „Eisschollen-Karten“ auf Seite 2-3 der Druckvorlage ausschneiden (siehe 7.2)

Mitbringen

- Stifte
- Pins für Pinnwand; alternative Magnete für Magnetwand
- Hinweis an SchülerInnen: Taschenrechner, Stifte und Blätter mitbringen

5 Detailerklärungen zu einzelnen Schwerpunkten der Agenda

5.1 Check-In (10min)

5.1.1 Erläuterung der Motivation für die kommenden Unterrichtseinheiten (UE)

- ♣ Ziel: Anfänglich gilt es mit den SchülerInnen zu klären, warum diese Unterrichtseinheit(en) abgehalten werden, was in dieser und in den folgenden UE im groben Rahmen passieren wird.

Beispielformulierung: „Heute geht es um ein möglichst realistisches Beispiel, wie man eine Photovoltaikanlage errichtet. Wir betrachten in der Fallstudie eine Schule, die eine solche Anlage bauen möchte. Zunächst steht die Planung an. Es geht also darum, einen passenden Installationsort zu finden und die Größe der Photovoltaikanlage festzulegen. Außerdem beschäftigen wir uns mit dem zu erwartenden Stromertrag der Photovoltaikanlage und der Wirtschaftlichkeit. Wir gehen also der Frage nach, ob sich die Photovoltaikanlage auch finanziell rechnet und wenn ja, nach wie vielen Jahren. Abschließend wird es darum gehen, welche

Ansprechpartner wir in den Prozess der Errichtung einer solchen Anlage einbeziehen müssen und warum.“

- ☸ Vorbereitung: Um den SchülerInnen den Rahmen und die Ziele der UE dauerhaft während der UE anzeigen zu können, ist es möglich, Flipcharts mit Agenda und KPIs vorzubereiten, wie beispielhaft in den untenstehenden Bildern dargestellt:

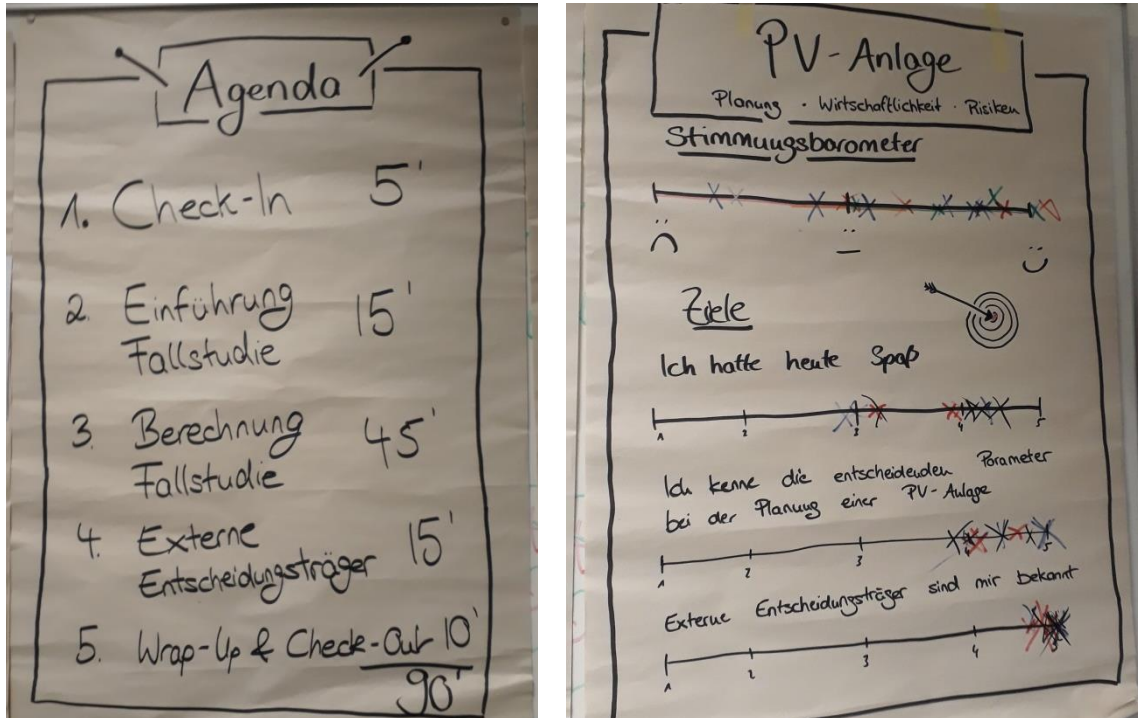


Abb. 1: Beispiele für Flipcharts mit Agenda, KPIs und Stimmungscheck

- ☸ Durchführung I: Die Stimmung aller Teilnehmer wird im Vorfeld abgefragt. Dies geschieht über einen sogenannten Stimmungscheck, auf dem jeder Teilnehmer ein Kreuz setzt (siehe Abb. 1). So kann die Lehrkraft einschätzen, mit welchen Rahmenbedingungen gestartet wird. Beispiele sind:

- 1) Alle SchülerInnen haben eine anstrengende Klausur hinter sich und sind daher etwas kaputt.
- 2) Es wurde beschlossen, dass in diesem Jahr eine Klassenfahrt gemacht wird und daher sind alle sehr gut gelaunt.

Die Stimmung kann den Verlauf der UE deutlich beeinflussen und durch die Abfrage können alle Teilnehmer achtsam damit umgehen.

- ☸ Durchführung II: Die Ziele der UE werden erläutert (Bsp.: „Ich kenne die entscheidenden Parameter bei der Planung einer Photovoltaikanlage“, „Ich verstehe das Konzept Zeitwert des Geldes“ und „Ich kenne die einzubindenden Ansprechpartner“). Somit ist allen klar, was erreicht werden soll und diese Ziele können am Ende (Check-Out) bewertet werden. So erhält man ein direktes Feedback und kann die UE ggf. anpassen und verbessern.

5.1.2 Kennenlernen der SchülerInnen

- ☸ Ziel: Die Teilnehmer der UE lernen sich gegenseitig kennen und machen sich vertraut. Optional kann dies durch eine einfache Fragerunde oder einen spielerischen Ice-Breaker (eine gelockerte Atmosphäre wird geschaffen) realisiert werden. Für den spielerischen Einstieg siehe beispielhaft die nachfolgenden Punkte:

- ☞ Vorbereitung: Die SchülerInnen stellen sich im Kreis auf (ideal für den zweiten Abschnitt dieses Teils ist ein Stuhlkreis).
- ☞ Durchführung Schritt 1: Im Kreis stehende Teilnehmer werfen sich imaginären Ball zu und beantworten folgende Fragen, bis jeder Teilnehmer einmal gesprochen hat:
 - Wie heiße ich?
 - Wo komme ich her?
 - Worauf bin ich heute am meisten gespannt/freue ich mich am meisten?
- ☞ Durchführung Schritt 2: Zum weiteren Kennenlernen wird das Spiel „Der Wind weht für alle, die...“ gespielt. Es wird wie folgt durchgeführt:
 1. Aufstellen von n-1 Stühlen im Kreis.
 2. Ein Teilnehmer beginnt und stellt sich in die Mitte des Kreises.
 3. Ziel dieses Teilnehmers ist es, sich einen Sitzplatz zu sichern.
 4. In der Mitte stehender Teilnehmer beginnt Satz mit „Der Wind weht für alle, die ...“.
 5. Satz wird beendet durch typische und untypische Vorlieben, Hobbys, Eigenschaften, etc. (idealerweise keine äußeren Erscheinungsmerkmale).
 6. Alle, auf die die Aussage zutrifft, müssen sich einen neuen Sitzplatz suchen.
 7. Während des Wechsels muss der in der Mitte stehende Teilnehmer versuchen einen Sitzplatz zu finden.
 8. Wer keinen Platz im Kreis findet, stellt sich in die Kreismitte und vervollständigt als Nächster den Satz.
 9. Ziel ist es sich gegenseitig besser kennenzulernen und eine vertraute Atmosphäre zu schaffen.

5.2 Fallstudie Photovoltaik (60min)

- ☞ Ziel: Die Teilnehmer der UE erleben an einem fiktiven, aber realitätsnahen Beispiel, wie der Entscheidungsprozess zu einer Photovoltaikanlage ablaufen kann. Die Teilnehmer lernen folgende Themenbereiche kennen:
 - Grundvoraussetzungen für die Installation
 - Leistung einer Photovoltaikanlage und Stromerzeugung
 - Wirtschaftlichkeit und ihre wesentlichen Treiber
- ☞ Vorbereitung: Die SchülerInnen erhalten ein ausgedrucktes Exemplar der Fallstudie. Die SchülerInnen sollten einen Taschenrechner haben und mit Stiften und Blättern ausgestattet sein.
- ☞ Durchführung Schritt 1: Erläuterung des allgemeinen Kontexts dieser UE
Hier geben Sie einen allgemeinen Abholer zu dem bereits Gelernten und erläutern, dass diese UE den Praxisbezug zur bislang erlangten Theorie herstellt, z. B. folgendermaßen:
Beispielformulierung: „Nachdem wir in den ersten drei Unterrichtseinheiten einiges zur Ausgangssituation der Erneuerbaren Energien und zum Klimawandel gelernt haben und tiefere Einblicke in die Gewinnung von Strom aus Wind- und Sonnenenergie erlangt haben, möchten wir das Gelernte heute auf ein Beispiel aus der Praxis übertragen. Wir werden einige Dinge betrachten, die bei der Planung einer Photovoltaikanlage wichtig sind. Dabei werden wir sowohl auf die Vorteile als auch auf Stolpersteine eingehen.“
- ☞ Durchführung Schritt 2: Einleitung zur Fallstudie:
Sie erklären, worum es in dieser Fallstudie geht:
Welche Schritte müssen durchlaufen und beachtet werden, um eine Photovoltaik zu errichten?
Welche Faktoren sind zu beachten? Wie steht es um die Wirtschaftlichkeit?

Beispielformulierung: „Heute geht es um ein möglichst realistisches Beispiel. Wir betrachten in der Fallstudie eine Schule, die eine Photovoltaikanlage errichten möchte. Zunächst steht die Planung an. Es geht also darum, einen passenden Installationsort und die passende Größe der Photovoltaikanlage. Außerdem beschäftigen wir uns mit dem zu erwartenden Stromertrag der Photovoltaikanlage und der Wirtschaftlichkeit an, gehen also der Frage nach, ob sich die Photovoltaikanlage auch finanziell rechnet und wenn ja, nach wie vielen Jahren.

5.2.1 Erläuterung einiger Konzepte, die den SchülerInnen noch nicht bekannt sein könnten (10min)

Beispielformulierung: „Um die Fallstudie lösen zu können, benötigt ihr ein paar Grundbegriffe, Konzepte, etc., die wir erst einmal gemeinsam besprechen. Sie sind nicht kompliziert, helfen euch aber bei der Bearbeitung.“

Leistung, Arbeit und der Unterschied zwischen beiden Begriffen

Erklärung ggf. mit Anschreiben an Tafel / Flipchart zu verdeutlichen

Hintergrundwissen: Kilowatt – eine Einheit der Leistung – beschreibt, wie viel Energie man in einem Moment verbraucht oder erzeugt, oder anders gesagt, „wie schnell“ man Energie verbraucht oder erzeugt. Eine Kilowattstunde dagegen – die Arbeit – entspricht der Energie, die bei einer bestimmten Leistung über einen gewissen Zeitraum hinweg verbraucht oder erzeugt wird.

Zum Beispiel: Wenn eine Lampe mit 50 Watt Leistung (das sind 0,05 Kilowatt) 10 Stunden brennt, sind das $0,05 \text{ kW} \cdot 10 \text{ h} = 0,5 \text{ kWh}$. Oder wenn eine Photovoltaik-Anlage mit einer Leistung von 3 Kilowatt 5 Stunden lang unter Volllast von der Sonne beschienen wird, sind das $3 \text{ kW} \cdot 5 \text{ h} = 15 \text{ kWh}$.

Mögliche Verständnisfragen:

Beispielformulierung: „Wenn auf einem Staubsauger 2.000 W steht, ist das eine Angabe über die Leistung oder die Arbeit?“

„Wenn der gleiche Staubsauger drei Stunden auf voller Leistung läuft, wie viel Arbeit (in Wh oder kWh) hat er dann verrichtet?“

Volllaststunden

Erläuterung durch Erklärung & optionale Verständnisfragen

Hintergrundwissen: Die Erzeugung von Strom aus Photovoltaik folgt dem Stand der Sonne am Himmel. Die Sonne scheint aber nicht immer und mit unterschiedlicher Intensität. In den Morgen- und Abendstunden zum Beispiel scheint die Sonne schräg und daher nicht mit voller Intensität auf die Zellen der Photovoltaikanlage. Dies führt dazu, dass eine Anlage nicht die volle (Nenn-) Leistung erzielen kann, also die Leistung, die unter idealen Bedingungen maximal möglich ist.

Volllaststunden bezeichnen die Anzahl an Stunden pro Jahr, die eine Photovoltaikanlage mit voller nominaler Leistung arbeiten müsste, um die gleiche Menge an Energie (kWh) zu generieren, die im ganzen Jahr produziert wird. Beispiel: In Essen (847 Volllaststunden) generiert eine Photovoltaikanlage genau so viel Energie (kWh) im Jahr, wie wenn sie 847 Stunden unter voller nominaler Leistung arbeiten würde.

Mögliche Verständnisfrage:

Beispielformulierung: „Was glaubt ihr, wo die Anzahl an Volllaststunden höher ist, in Norddeutschland oder in Südspanien?“¹ (Antwort: Südspanien)

Stromerzeugung, Stromverbrauch und deren Beziehung spezifisch für Photovoltaik:

Erläuterung durch Fragen:

Beispielformulierung:

Frage 1: „Wann produziert eine Photovoltaikanlage Strom?“

Antwort 1: „Wenn die Sonne auf die Photovoltaikanlage einstrahlt.“

Frage 1.1: „Und wann produziert sie am meisten Strom (Jahres- und Tageszeit)?“

Antwort 1.1: „Im Regelfall mittags und im Sommer“

Frage 2: „Was passiert, wenn die Sonne untergegangen ist?“

Antwort 2: „Die Photovoltaikanlage produziert keinen Strom.“

Frage 3: „Wann verbrauchen wir Menschen Strom?“

Antwort 3: „Immer dann, wenn wir ein elektrisches Gerät einschalten. Im Regelfall benötigen wir für einen privaten Haushalt die meiste Energie am Morgen und am Abend, da die Bewohner tagsüber meist auf der Arbeit oder in der Schule sind.“

Frage 4: „Was bedeutet das für die Nutzung von Strom aus Photovoltaikanlagen?“

Antwort 4: „Es wird nicht immer dann Strom produziert, wenn wir ihn verbrauchen – insbesondere vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang. Zudem wird nicht immer dann Strom verbraucht, wenn Strom produziert wird. In einer Schule wird während der Sommerferien kaum Strom verbraucht, die Photovoltaikanlage produziert aber insbesondere im Sommer besonders viel Strom.“

5.2.2 Bearbeitung der Aufgaben zur Fallstudie 1-6 (25min)

Hier soll noch einmal eine Einleitung zu den nun folgenden Aufgaben gegeben werden.

Beispielformulierung: „Jetzt haben wir alles, um die ersten sechs Aufgaben der Fallstudie zu lösen. Zunächst schauen wir uns die Leistung der Anlage an. Dann prüfen wir die Dachflächen auf Eignung für Photovoltaik. Anschließend wählen wir einen Modultyp, um danach zu entscheiden, wie groß die Anlage insgesamt werden kann. Das ermöglicht uns, anschließend den Ertrag der Anlage auszurechnen und abschließend zu beurteilen, welcher Verbrauch realistisch ist. Also starten wir mit Aufgabe 1.“

Durchführungshinweis: Während der Berechnung sollte immer mal wieder (Vorschlag: nach jeder Aufgabe) ein Check-Up gemacht werden, wo die SchülerInnen aktuell stehen und ob Fragen bestehen.

1. Aufgabe 1: Berechnung Anlagenleistung

Individuelle Kalkulation

Beispielformulierung: „Lasst uns als erstes überlegen, wie viel Leistung eine Anlage haben müsste, um genauso viel Strom pro Jahr zu erzeugen, wie die Schule pro Jahr verbraucht.“

Durchführungshinweis: Die SchülerInnen kalkulieren die erste Aufgabe allein. Nach Erläuterung der Volllaststunden und der Angabe des Wertes für Essen (847 h), haben die SchülerInnen alle nötigen Variablen, um die Gleichung zu lösen. Anschließend wird das Ergebnis besprochen, damit alle SchülerInnen mit dem gleichen Wert weiterrechnen.

¹(https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2012_ISE_Studie_Stromgestuehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf)

Lösung: 100.000 kWh / 847 h = 118,06 kW

2. Aufgabe 2: Entscheidung Dach

Besprechung im Plenum

Beispielformulierung: „Jetzt schauen wir uns die Dächer an, um zu entscheiden, ob sie sich für eine Photovoltaikanlage eignen.“

Durchführungshinweis: Zunächst erhalten die SchülerInnen drei Minuten, um die verfügbaren Informationen zu studieren und sich Gedanken zu machen. Anschließend können die Ergebnisse über Fragen besprochen werden.

Beispielformulierung: „Nachdem ihr die Infos zu den verfügbaren Dachflächen gelesen habt, könnt ihr bestimmte Dächer ausschließen? Und wenn ja, warum?“

Lösung: Das Dach des Hauptgebäudes steht unter Denkmalschutz und ist damit ausgeschlossen. Hinzu kommt, dass es mehrere Jahrzehnte alt und teilweise verschattet ist. Das Dach der Sporthalle bietet nicht die für die PV-Module benötigte Tragfähigkeit. Außerdem ist es ebenfalls teilweise verschattet. Somit kommt nur das Dach des Nebengebäudes in Frage, welches keine Probleme aufweist.

3. Aufgabe 3: Entscheidung Modultyp

Individuelle Kalkulation

Beispielformulierung: „Wir wissen jetzt, auf welchem Dach wir die Anlage errichten können. Nun müssen wir entscheiden, welche Solarmodule wir auf dem Dach installieren wollen.“

Lösung:

Typ	Nennleistung (Watt)	Preis / Modul (netto)	Preis / Watt
Amorph	95	32,40€	0,34
Mono	300	128,26€	0,43
Poly	270	93,96€	0,35

Das beste Preisleistungs-Verhältnis bieten die amorphen Module. Sie sind jedoch nur in geringer Stückzahl verfügbar und nicht mit anderen Modultypen kombinierbar. Daher entscheiden wir uns aus Kostengründen für die polykristallinen Module.

Kleine Anmerkung / Zusatzaufgabe *komplex und daher ggf. nicht für jede Gruppe geeignet (hohe Transferleistung gefordert und Zeitaufwand sollte eingeplant werden):*

Beispielformulierung: „Was könnte für monokristalline Module sprechen?“

Mögliche Antwort: Auf Grund der höheren Leistung pro m² und dem daraus resultierenden höheren Ertrag in kWh kann ggf. ein höherer Betrag des eigenen Strombedarfes gedeckt werden, somit mehr Stromkosten gespart werden und zusätzlich eine höhere Einspeisevergütung erhalten werden. Diese Angaben hängen aber von einigen tiefergehenden Variablen ab – Stromkosten, Eigenverbrauchsquote, also wie viel vom

produzierten Strom selbst verbraucht werden kann (hängt von der Lastkurve ab, also Leistungsbedarf in Bezug zur Tageszeit [nicht besprochen]), Höhe der Einspeisevergütung (hängt vom Zeitpunkt der Errichtung ab), Lebensdauer der Anlage. D.h. eine genaue Aussage kann erst bei Einbezug der Variablen getroffen werden und übersteigt den Umfang der Fallstudie.

4. Aufgabe 4: Berechnung Anzahl der Module auf Nebengebäude und Leistung der Anlage

Individuelle Kalkulation

Beispielformulierung: „Wir kennen jetzt das Dach und die Module. Lasst uns nun berechnen, wie viele Module wir verbauen können und welche Leistung wir erzielen können.“

Lösung: Anzahl der benötigten Module, um 100.000 kWh zu erzeugen:

Amorph $118,06 \text{ kW} / 0,095 \text{ kW} = 1.243$ Module (aufgerundet)

Mono $118,06 \text{ kW} / 0,30 \text{ kW} = 394$ Module (aufgerundet)

Poly $118,06 \text{ kW} / 0,27 \text{ kW} = 438$ Module (aufgerundet)

Die nutzbare Dachfläche des Nebengebäudes beträgt $0,85 * 30\text{m} * 10\text{m} = 255 \text{ m}^2$.

Größe der Module:

Amorph: $1,05 \text{ m}^2$

$255 \text{ m}^2 / 1,05\text{m}^2 = 242$ Module (amorph) passen auf das Dach (abgerundet). Poly/

Mono: $1,68 \text{ m}^2$

$255 \text{ m}^2 / 1,68 \text{ m}^2 = 151$ Module (mono/poly) passen auf das Dach (abgerundet)

Günstigere Option (polykristalline Module):

$151 * 0,27 \text{ kW} = 40,77 \text{ kW}$ Leistung der Anlage für polykristalline Module

Teurere Option (monokristalline Module):

$151 * 0,30 \text{ kW} = 45,3 \text{ kW}$ Leistung der Anlage für monokristalline Module

5. Aufgabe 5: Berechnung des Ertrages der Anlage in Essen

Individuelle Kalkulation

Beispielformulierung: „Wir haben jetzt alle Informationen, um zu berechnen, wie viel Strom unsere Anlage erzeugen kann.“

Lösung:

$40,77 \text{ kW} * 847 \text{ Volllaststunden} = 34.532,19 \text{ kWh Ertrag}$ (polykristalline Module)

$45,3 \text{ kW} * 847 \text{ Volllaststunden} = 38.369,1 \text{ kWh Ertrag}$ (monokristalline Module)

Realistischer Eigenverbrauch

Besprechung im Plenum / Erläuterung durch Fragen

Beispielformulierung: „Lasst uns nun diskutieren, wie es um den Eigenverbrauch unseres produzierten Stromes steht.“

Beispiel: Frage in die Runde:

Beispielformulierung: „Haltet ihr es für realistisch, dass 100% von dem gerade ausgerechneten Ertrag auch von der Schule verbraucht werden?“

Daraus kann sich dann eine Diskussion ergeben.

Lösung: Nein, da die Photovoltaikanlage nicht nur dann Strom erzeugt, wenn er benötigt

wird. Beispiel: In den Sommerferien erzielt die Photovoltaikanlage einen hohen Ertrag, die Schule hat aber einen deutlich geringeren Bedarf, da keine SchülerInnen anwesend sind. Somit wird der Überschuss dann ins Netz eingespeist. Im Winter hingegen wird durchschnittlich weniger Strom durch die Photovoltaikanlage erzeugt, aber Strom benötigt. Somit muss sehr wahrscheinlich zusätzlich Strom vom Stromversorger bezogen werden.

5.2.3 Erläuterung des Konzeptes Zeitwert des Geldes (10min)

- Vorbereitung: Am Flipchart schematisch den Zeitwert des Geldes aufzeichnen. Es gibt verschiedene Ansätze, um zu erklären, dass ein Euro heute nicht den gleichen Wert besitzt wie ein Euro morgen, oder in einem Jahr. Der Fokus liegt hier auf zwei Ansätzen: der Inflation und den Opportunitätskosten, also den entgangenen Erlösen, weil man sich für etwas Anderes entschieden hat.

Inflation

Wenn das Preisniveau steigt, kann man für einen Euro im Verlauf der Zeit weniger kaufen.²

Beispiel: Ich kann mir heute für 10 Euro zum Beispiel zwei Pizzen kaufen. In fünf Jahren bekomme ich auf Grund eines höheren Preisniveaus vielleicht nur noch eine Pizza für den gleichen Preis.“

Opportunitätskosten

„Die Opportunitätskosten beschreiben die entgangenen Erlöse auf Grund einer getroffenen Entscheidung.“³

- Beispiel 1: „Ich habe 1.000 Euro, die ich investieren möchte. Ich leihe meinem Freund Sven das gesamte Geld und verlange ein Jahr später 1 Prozent Zinsen, ich bekomme also 1.010 Euro zurück. Ich hätte das Geld aber auch für 2 Prozent anlegen können und 1.020 Euro zurückbekommen können. Da ich diese Wahl aber nicht getroffen habe, sind meine Opportunitätskosten in diesem Fall die entgangenen 10 Euro.“
- Beispiel 2: „Opportunitätskosten existieren auch in Fällen, in denen es nicht um Geld geht. Ich habe beispielsweise die Möglichkeit mit meinen Freunden etwas zu unternehmen, Tennis zu trainieren, oder für eine Klausur zu lernen. Wenn ich mich dafür entscheide etwas mit meinen Freunden zu unternehmen, entgeht mir der Trainingserfolg beim Tennis und der Lernerfolg beim Lernen. Dies sind dann meine Opportunitätskosten.“

² (Brealey, Myers, & Allen, 2016)

³ (Brealey, Myers, & Allen, 2016)

Nun präsentiert die Lehrkraft das Prinzip Zeitwert des Geldes an einem Flipchart oder an der Tafel.

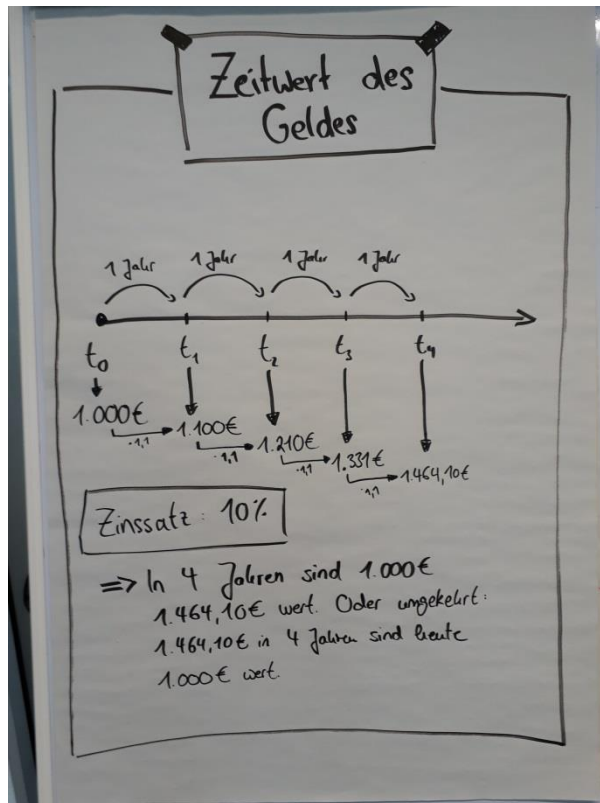


Abb. 2: Beispielhafte Darstellung des Zeitwert des Geldes

Durchführungshinweis: Wichtig ist hier, dass mehrere Jahre betrachtet werden und klar wird, dass ein Euro heute mehr wert sind als ein Euro in einem Jahr und dieser eine Euro wiederum mehr wert ist als noch einmal ein Jahr später - und das dieser Zusammenhang exponentiell verläuft (Zinseszins).

Es darf auch der Hinweis gegeben werden, dass dieses Prinzip für Unternehmen, insbesondere bei Entscheidungen zu Investitionen, ein wesentliches Entscheidungskriterium darstellt.

5.2.4 Bearbeitung der Aufgaben zur Wirtschaftlichkeit 1-2 (15min)

☞ Vorbereitung 1: Auf DIN A3-Postern oder Overhead-Folien skizzenhaft das Erreichen des Break-Even-Points im Rahmen der Investition darstellen – sowohl ohne Einbezug des Zeitwerts des Geldes als auch mit (siehe Abb. 4-6).

☞ Vorbereitung 2: Erläuterung/Besprechung der Einnahmen und Kosten
Besprechung im Plenum

Das soeben gelernte Wissen zum Zeitwert des Geldes wird nun direkt mit der wirtschaftlichen Bewertung der Photovoltaikanlage verbunden. Hierzu schlägt die Lehrkraft eine entsprechende Brücke.

Beispielformulierung: „Wir haben soeben gelernt, dass ein Euro heute nicht unbedingt so viel wert ist wie ein Euro morgen. Um die Wirtschaftlichkeit unserer Photovoltaikanlage bewerten zu können, müssen wir uns daher die Geldflüsse über den Zeitraum anschauen, den wir als Lebensdauer für unsere Photovoltaikanlage erwarten. Das heißt, wir müssen wissen, welche Einnahmequellen und Kosten es gibt.“

Einnahmen ⁴

⁴ (https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html)

- „Die Bundesregierung hat eine feste Einspeisevergütung festgesetzt, die für Betreiber von Photovoltaikanlagen greift. Der Strom, der von diesen Anlagen ins Netz eingespeist wird, wird mit einem festgelegten Betrag vergütet.“
- „Um den genauen Betrag zu ermitteln, ist die Größe der Photovoltaikanlage entscheidend. Da die Bundesregierung verhindern möchte, dass große Investoren diese Vergütung ausnutzen, nimmt der Wert mit der Größe der Anlage immer weiter ab.“
- „Die Einspeisevergütung erhält man nur für Strom, der ins Netz eingespeist wird, also nicht selbst verbraucht wird. Da die Einspeisevergütung ungefähr bei 11 Cent/kWh liegt und der durchschnittliche Strompreis bei 30 Cent/kWh, sollte man aus wirtschaftlicher Sicht so viel wie möglich von dem produzierten Strom selbst verbrauchen. Denn man spart sich pro kWh circa 30 Cent vom Energieanbieter, würde jedoch nur 11 Cent für die Einspeisung des überschüssigen Stroms erhalten.“

Hintergrundwissen: Energieanbieter kaufen den Strom, den sie an ihre Kunden weiterverkaufen, normalerweise auf einem Großhandelsplatz. An diesem Platz kommen Energieproduzenten (z. B. Kraftwerksbetreiber) und Energieanbieter zusammen und verhandeln über den Preis, den eine Kilowattstunde kostet. Mit einer Photovoltaikanlage wird man selbst zu einem kleinen Kraftwerksbetreiber. Da der Prozess am Großhandelsplatz komplex und die Transaktionskosten zu hoch für kleine Energieproduzenten wären, hat die Bundesregierung eine feste Einspeisevergütung festgelegt.

Die Vergütung richtet sich nach der Größe der Anlage:

- Bei Leistung der Anlage $\leq 10\text{kWp}$ gilt eine Einspeisevergütung von 11,11 Cent/kWh
- Bei $10\text{ kWp} < \text{Leistung der Anlage} \leq 40\text{kWp}$ gilt eine Einspeisevergütung von 10,81 Cent/kWh
- Bei $40\text{ kWp} < \text{Leistung der Anlage} \leq 100\text{kWp}$ gilt eine Einspeisevergütung von 8,50 Cent/kWh]

Kosten

- „Der größte Teil der Kosten bei einer Photovoltaikanlage sind die einmaligen Anschaffungskosten. Die Betriebs- und Instandhaltungskosten sind relativ gering. Eine Versicherung verursacht zusätzlich geringe jährliche Kosten, sollte aber in jedem Fall abgeschlossen werden, da bspw. beim Herunterfallen eines Moduls erhebliche Schäden entstehen können, die ansonsten der Betreiber/Eigentümer selbst tragen müsste.“

1. Aufgabe 1: Wirtschaftlichkeit (ohne Zeitwert des Geldes)

Besprechung im Plenum

Nach der Erklärung der Geldflüsse, die allgemein während der Lebensdauer einer Photovoltaikanlage anfallen, wird konkret auf die Wirtschaftlichkeit der fiktiven Photovoltaikanlage aus der Fallstudie eingegangen. Die Lehrkraft kann hierfür die unten abgebildete Skizze (ohne Zeitwert des Geldes) auf einem Poster / Overhead-Folie zeigen.

Beispielformulierung: „Da wir nun alle Einnahme- und Ausgabequellen für unser Photovoltaik-Projekt kennen, können wir die Wirtschaftlichkeit der Anlage bestimmen. Könnt ihr mir sagen, wann sich die Photovoltaikanlage rentiert?“

[Die folgenden Angaben sind aktuelle Schätzwerte und können variieren.]

Anschaffungskosten: 850 € / kWp

Betriebs- und Instandhaltungskosten: 10 € / kWp
 Größe der Anlage: 41.66 kWp (resultiert aus dem Ergebnis aus
 Aufg. 1)

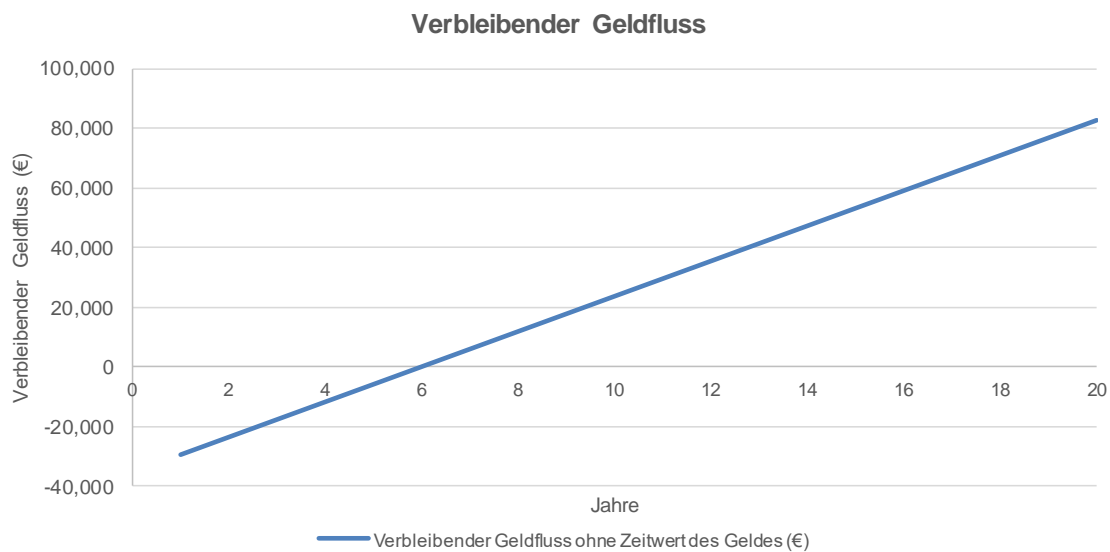


Abb. 3: Geldflüsse über 20 Jahre ohne Zeitwert des Geldes

2. Aufgabe 2: Wirtschaftlichkeit (mit Zeitwert des Geldes)

Nun kann die Lehrkraft die unten abgebildete Skizze auf einem Poster / Overhead-Folie zeigen (ohne Legende, damit die SchülerInnen selbst herausfinden, worin der Unterschied begründet liegt).

Beispielformulierung: „Wenn wir Abbildung 3 betrachten, sehen wir, dass die beiden Kurven sehr unterschiedlich sind.“

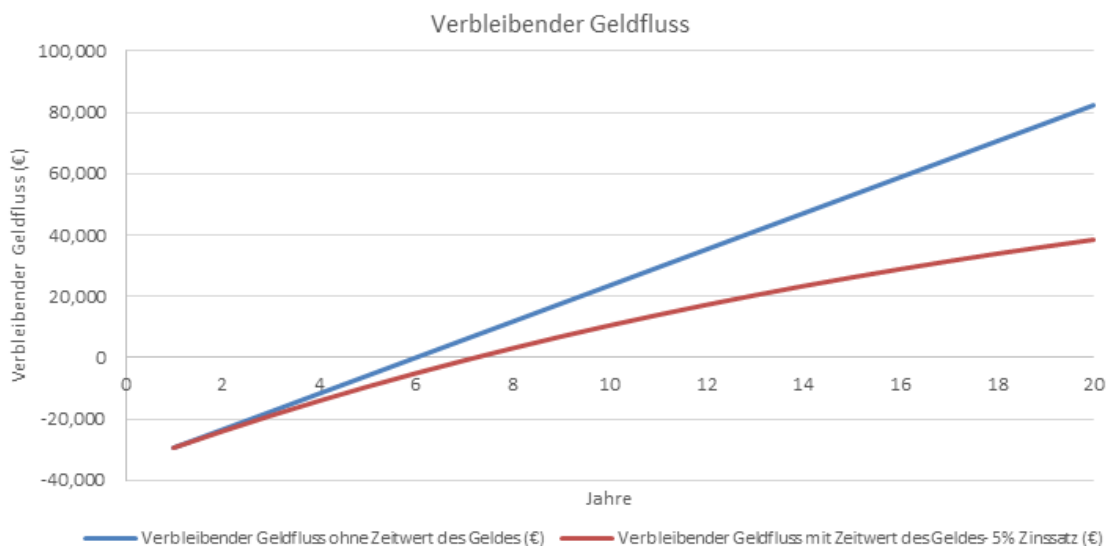


Abb. 4: Geldflüsse über 20 Jahre mit Zeitwert des Geldes bei Zinssatz von 5%

Durchführungshinweis: Diskussion mit SchülerInnen bezüglich des Grundes für den Unterschied

Beispielformulierung: „Dies liegt daran, dass die orange-farbene Kurve den Zeitwert des Geldes mit einbezieht, die blaue hingegen nicht. An dem Punkt, an dem die Kurven die x-Achse schneiden, ist der sogenannte Break-Even-Point. An diesem Punkt haben wir unsere Anschaffungskosten wieder

eingonnen. Wie schnell wir diesen Punkt erreichen, hängt unter anderem vom Zinssatz ab.“

Durchführungshinweis: Zur Verdeutlichung kann ein anderer Zinssatz genutzt werden

Beispielformulierung: „Wenn wir Zinsen von 10% annehmen, wandert der Punkt, an dem wir die Anschaffungskosten wieder eingespielt haben, deutlich weiter in die Zukunft. Statt ca. 10 Jahren dauert es nun 15 Jahre, und der erwirtschaftete Gewinn verringert sich. Wir sehen also, dass es sehr wichtig ist, einen realistischen Zinssatz zu wählen, um unsere Investition bewerten zu können“

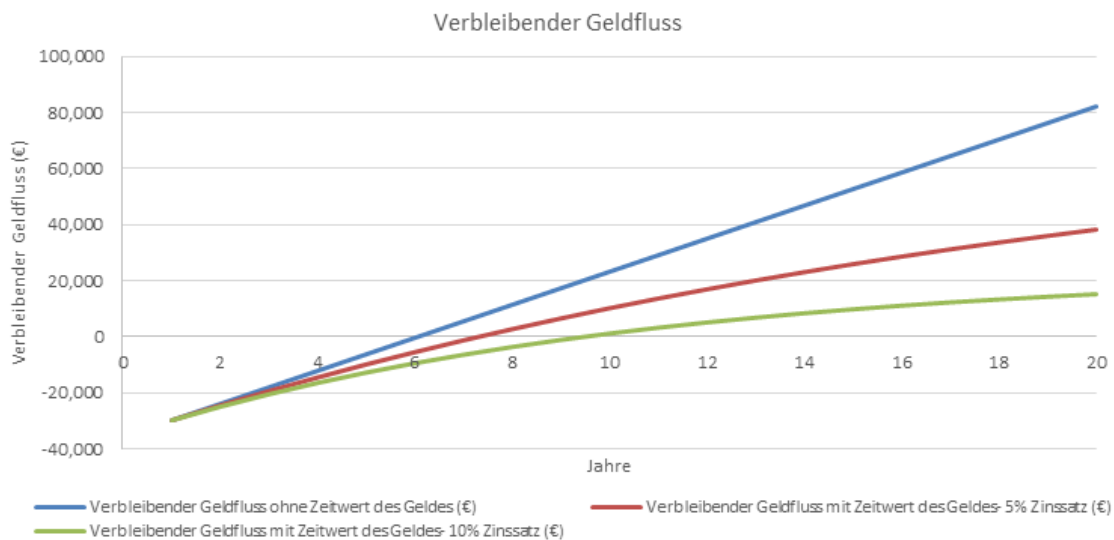


Abb. 5: Geldflüsse über 20 Jahre mit Zeitwert des Geldes bei Zinssatz von 10 %

Hintergrundwissen:

- Die Anschaffungskosten (€/kW): Durch kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung der bestehenden Technologie kann dieser Wert über die nächsten Jahre sinken. In einem anderen Land kann es aber sein, dass die gleiche Technologie deutlich teurer ist.
- Betriebs- und Instandhaltungskosten - inkl. Versicherung (€/kW): Diese Kosten können beispielsweise von der Größe des Projektes und dem Verhandlungsgeschick des Betreibers abhängen. Für ein großes Projekt kann man bspw. gute Wartungsverträge aushandeln, bei kleineren Projekten sind diese eher etwas teurer.
- Der Strompreis (Cent/kWh): Wenn die Strompreise weiter ansteigen, z. B. auf 40 Cent / kWh, dann spart ein Betreiber einer Photovoltaikanlage für jede kWh, die er/sie produziert und selbst verbraucht, nicht mehr nur 30 Cent, sondern 40 Cent.
- Der Eigenverbrauch: Wenn man von der erzeugten Energie mehr selbst verbrauchen können, weil man zum Beispiel tagsüber zu Hause ist, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaikanlage, weil wir weniger Strom von unserem Energieanbieter beziehen müssen und unsere Stromrechnung somit kleiner wird.

5.3 Ansprechpartner und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage (15min)

👤 Ziel: Die SchülerInnen erarbeiten spielerisch, welche Schritte außer der Wirtschaftlichkeits- und Machbarkeitsanalyse noch nötig sind, wenn man eine Photovoltaikanlage bauen möchte. Wir

klären, welche Ansprechpartner & Institutionen miteinbezogen werden müssen und welche Aufgaben diese haben. Durch den starken Realitätsbezug und die Herausforderung, selbst die Ansprechpartner & Institutionen herauszufinden, wird der Unternehmergeist der SchülerInnen gefördert.

- ☞ Vorbereitung: Die Karten mit der Wegstrecke sowie die „Eisschollen“ sind auszudrucken. Sofern die Übung mit der Klasse als einer Gruppe durchgeführt wird, ist 1 Karte mit Wegstrecke auszudrucken sowie 1x alle Eisschollen. Die Druckvorlagen sind idealerweise auf DIN A0 und in Farbe auszudrucken. Die „Eisschollen“ sind außerdem passend auszuschneiden. Die Druckvorlage befindet sich im Anhang unter Punkt 0. Weiterhin werden Magnete / Pins benötigt, mit denen die Wegstrecke an der Tafel / Pinnwand und die Eisschollen auf der Wegstrecke befestigt werden können. Idealerweise bereitet sich die Lehrkraft im Vorfeld mit dem Lesematerial in Anhang 7.3 vor.
- ☞ Durchführung Schritt 1: Der Einstieg erfolgt mit einem allgemeinen Abholer, der eine Brücke zwischen den zuvor gelösten Aufgaben, der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsanalyse und dem tatsächlichen Umsetzungsprozess schlägt.
Beispielformulierung: „Wir haben jetzt gesehen, dass die Wirtschaftlichkeit und technische Machbarkeit einer Photovoltaikanlage wichtige Punkte sind, mit denen man sich auf jeden Fall im Vorfeld der Installation beschäftigen sollte. Denn sie bestimmen mit darüber, ob man eine Anlage so umsetzen kann, wie man sich das vorgestellt hat. Aber ist es damit getan? Oder gibt es noch andere Themen, die man im Vorfeld auf dem Schirm haben sollte – was denkt ihr? [Pause für Antworten der SchülerInnen] Tatsächlich ist es so, dass ich nicht alleine entscheiden kann, dass ich eine Photovoltaikanlage möchte, und diese dann einfach errichten kann. Erst recht nicht, wenn es sich um eine Anlage auf einem öffentlichen Gebäude wie einer Schule handelt. Ich muss auch andere Parteien mit einbeziehen. In diesem Teil schauen wir uns an, welche das sind und was sie von uns benötigen.“
- ☞ Durchführung Schritt 2: Dieser Teil wird spielerisch durchgeführt. Die SchülerInnen legen eine Wegstrecke über „Eisschollen“ zurück, um an das Ziel zu gelangen: die Errichtung der Photovoltaik-Anlage. Jede „Eisscholle“ ist mit einem potenziellen Ansprechpartner bzw. einer potenziellen Institution beschriftet. Sie können entscheiden, ob das Spiel in mehreren Teams oder als Klasse durchgeführt wird. Dies orientiert sich daran, wie viele Lehrkräfte die UE begleiten. Idealerweise ist in jedem Team eine Lehrkraft dabei, die die SchülerInnen immer wieder zum Nachdenken anregt und die jeweilige Entdeckung unter der Eisscholle kurz mit ihnen reflektiert. Vor jedem weiteren Schritt wird gemeinsam mit den SchülerInnen diskutiert, welche der nächsten möglichen Ansprechpartner & Institutionen relevant sein könnten und wieso. Hierbei ist vor allem mit offenen Fragen zu arbeiten (z. B. „Was denkt ihr denn? Warum?“), sodass die SchülerInnen selbst zum Nachdenken angeregt werden. Sobald sich die SchülerInnen für den Schritt auf eine weitere „Eisscholle“ entschieden haben, wird diese von der Wegstrecke abgenommen. Unter der Eisscholle verbirgt sich auf der Wegstrecke entweder ein grünes oder ein rotes Feld (Ansprechpartner / Institution muss involviert werden ja oder nein) sowie eine kurze Erklärung zur jeweiligen Rolle. Die Erklärung kann von der Lehrkraft noch weiter ausgeführt werden. Danach wird der Weg weiter fortgesetzt, bis das Ziel erreicht ist.
- ☞ Durchführung Schritt 3: Nach dem Erreichen des Ziels sollte eine kurze Zusammenfassung der Institutionen und des Prozesses diesen Punkt abschließen. Mit Fragen wie „Was habt ihr aus dem Spiel mitgenommen?“, „Was habt ihr gelernt?“, etc. können die SchülerInnen ihre Sicht auf die Dinge anbringen, wobei gleichzeitig noch einmal eine Korrektur Ihrerseits möglich ist, falls Gehörtes von dem abweicht, was vermittelt werden sollte.

5.4 Check-Out (5min)

- ☞ Ziel: In diesem Teil erfolgt der inhaltliche und organisatorische Abschluss des ersten Moduls. Es wird Feedback der SchülerInnen entgegengenommen und im Zuge dessen auch noch einmal

auf die anfänglich gesteckten Ziele geschaut (siehe 5). Diese können dann auch von den SchülerInnen bewertet werden, um ein direktes Feedback zur UE zu erhalten.

🌀 Vorbereitung: Für diesen Punkt ist keine Vorbereitung notwendig.

👤 Durchführung Schritt 1: Im Folgenden ist beispielhaft eine Formulierungsmöglichkeit angegeben:

Beispielformulierung: „Vielen Dank für eure Mitarbeit heute. Es hat großen Spaß gemacht und euch hoffentlich auch. Wir möchten das Modul gerne mit einem "Wort des Tages" abschließen, mit dem jeder von euch kurz zusammenfasst, was er von heute mitnimmt. Wir freuen uns natürlich auch immer über Feedback und Anregungen - sowohl was euch gut gefallen hat, als auch was wir noch besser machen können. Im nächsten Modul werden wir mit euch tiefer in die Erneuerbaren Energien eintauchen und uns einzelne Technologien im Detail anschauen. Insofern, vielen Dank noch mal an euch und viel Spaß beim nächsten Mal!“

👤 Durchführung Schritt 2: Die SchülerInnen füllen abschließend die am Flipchart festgehaltenen Ziele aus. Das Ergebnis kann ggf. noch in der gleichen Stunde kurz diskutiert werden oder als Aufhänger für das nachfolgende Modul genutzt werden.

6 Zusammenfassung

- Bei der Umsetzung eines Photovoltaikprojekts sind technische, wirtschaftliche und rechtliche Faktoren zu beachten
- Es ist ein passender Standort festzulegen, eine passende Größe der Photovoltaikanlage zu kalkulieren und geeignete Photovoltaikmodule auszuwählen
- Zur Bewertung der erwarteten wirtschaftlichen Rentabilität der Anlage ist der Zeitwert des Geldes ein wichtiger Faktor (d.h. erwartete Lebensdauer der Anlage, Anschaffungskosten und Zinssatz)
- Vor und während des Umsetzungsprozesses sind mehrere Ansprechpartner & Institutionen wie der Netzbetreiber und die Bundesnetzagentur einzubinden

7 Anhang

7.1 Druckvorlage zu „Fallstudie Photovoltaik“ unter Kapitel 5.2 (Datei M4_01)

Siehe folgende Seiten:



Ausgangslage:

Die SchülerInnen des Turmgymnasiums in Essen beschäftigen sich während einer Projektwoche mit den Themen Klimawandel und Stromerzeugung. Dabei diskutieren sie den Ausbau Erneuerbarer Energien. Da einige SchülerInnen Photovoltaikanlagen aus ihrer Nachbarschaft kennen, kommt folgende Frage auf:
Lohnt sich eine Photovoltaikanlage auch für das Turmgymnasium?



Eckdaten zur Schule:

Lage: Essen, Deutschland
847 Volllaststunden der Sonne pro Jahr
Schüleranzahl: 700
Stromverbrauch: 100.000 kWh
Anzahl Gebäude: 3

Aufgrund von Oberlichtern, die in die Dächer eingelassen sind, und Aufbauten wie Blitzableitern kann davon ausgegangen werden, dass 85% jeder Dachoberfläche nutzbar ist.
Vom Schulleiter erhalten die SchülerInnen die Information, dass eine Photovoltaikanlage nur für Dächer ohne Denkmalschutz in Frage kommt.

1. Hauptgebäude:

Das Hauptgebäude hat ein Flachdach, das seit ungefähr 20 Jahren nicht mehr renoviert worden ist. Ein großer Teil der Dachfläche wird während der Vormittagszeit von einem naheliegenden Gebäude verschattet. Das Hauptgebäude steht unter Denkmalschutz.
Die Maße lauten: 60m x 20m.

2. Nebengebäude:

Das Nebengebäude der Schule ist vor fünf Jahren errichtet worden, um dem Zuwachs an SchülerInnen Platz zu bieten. Es handelt sich um ein Flachdach. Das Gebäude ist den ganzen Tag unverschattet.
Die Maße lauten: 30m x 10m.

3. Sporthalle:

Die Sporthalle der Schule ist vor 30 Jahren errichtet worden. Sie musste vor zwei Jahren aufgrund eines Schadens komplett saniert werden, inklusive des Daches. Bei der Sanierung wurde knapp geplant, sodass das Dach unter Schneelast maximal eine zusätzliche Gewichtsbelastung von 8 kg / m² aushält. Das Dach ist nachmittags für mehrere Stunden fast vollständig verschattet.
Die Maße lauten: 40 x 25m.

Eckdaten zu verfügbaren Photovoltaik-Modulen:

Es gibt verschiedene Modultypen, die für die Photovoltaikanlage eingesetzt werden können:

- Amorphes Silizium (niedriger Wirkungsgrad)
- Monokristallin (hoher Wirkungsgrad)
- Polykristallin (mittlerer Wirkungsgrad)

Mit dem Wirkungsgrad wird das Verhältnis zwischen Leistung des Moduls und der eingestrahlten Lichtleistung beschrieben (Moduleleistung/Einstrahlleistung). Vereinfacht gesagt, braucht ein Modul mit hohem Wirkungsgrad weniger Platz für 1 kW Leistung als ein Modul mit geringerem Wirkungsgrad.

In der nachfolgenden Tabelle ist der Wirkungsgrad bereits in den Werten der Nennleistung berücksichtigt.

Typ	Hersteller	Bezeichnung	Nennleistung	Größe (in m ²)	Gewicht	Preis / Modul (netto)
Amorph	Sharp	NAF095 BS	95 Watt	1,05 m ²	18,0 kg	32,40 €*
Mono	Heckert	NeMo 60M	300 Watt	1,68 m ²	18,3 kg	128,26 €
Poly	Heckert	NeMo 60P	270 Watt	1,68 m ²	18,3 kg	93,96 €

* Aufgrund von Abverkauf zum Sonderpreis erhältlich. Die Produktion ist vom Hersteller eingestellt und es sind nur noch 150 Module verfügbar.

Aufgrund von Anforderungen anderer Komponenten der Photovoltaikanlage ist das Mischen verschiedener Modultypen nicht möglich.

Aufgaben Fallstudie:

1. Der jährliche Stromverbrauch der Schule beträgt 100.000 kWh. Welche Leistung/Kapazität müsste die Photovoltaikanlage haben, um genauso viel Strom zu erzeugen wie die Schule verbraucht? Formel: Leistung (kW) * Volllaststunden (h) = Stromerzeugung (kWh)
2. Für die Installation der Photovoltaikanlage stehen drei Dächer zur Verfügung. Entscheide dich anhand der Eigenschaften der Dächer, auf welchem / welchen die Anlage gebaut werden soll.
3. Es stehen drei Modultypen zur Auswahl. Für welches solltest du dich aus Kostensicht entscheiden?
4. Passen genügend Module auf das ausgewählte Dach, um die laut 1. benötigte Anlagenleistung zu erhalten? Falls nein, was ist die maximal realisierbare Anlagenleistung? Es darf davon ausgegangen werden, dass kein Platz zwischen den Modulen gelassen werden muss und die verfügbare Fläche des Dachs optimal ausgenutzt werden kann.
5. Wie viele Kilowattstunden Strom könnt Ihr mit der errechneten Photovoltaikanlage erzeugen?
6. Ist es realistisch, dass 100% des von der Photovoltaikanlage erzeugten Stromes von der Schule selbst verbraucht werden? Warum? Beziehungsweise warum nicht?

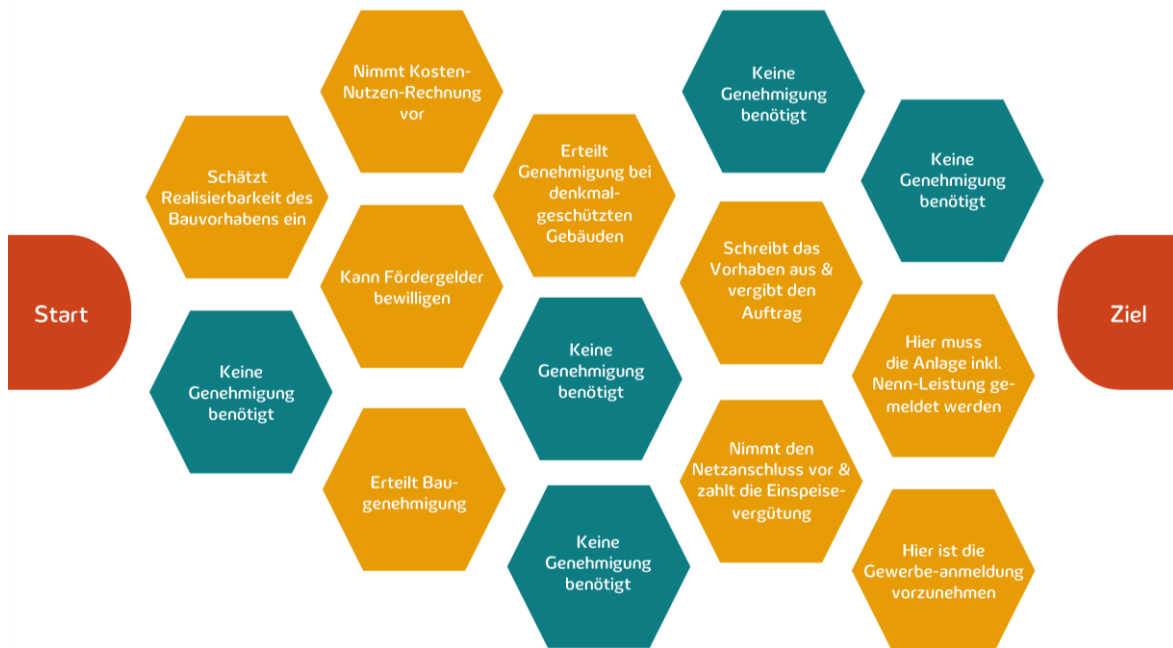
Fragen zur Wirtschaftlichkeit:

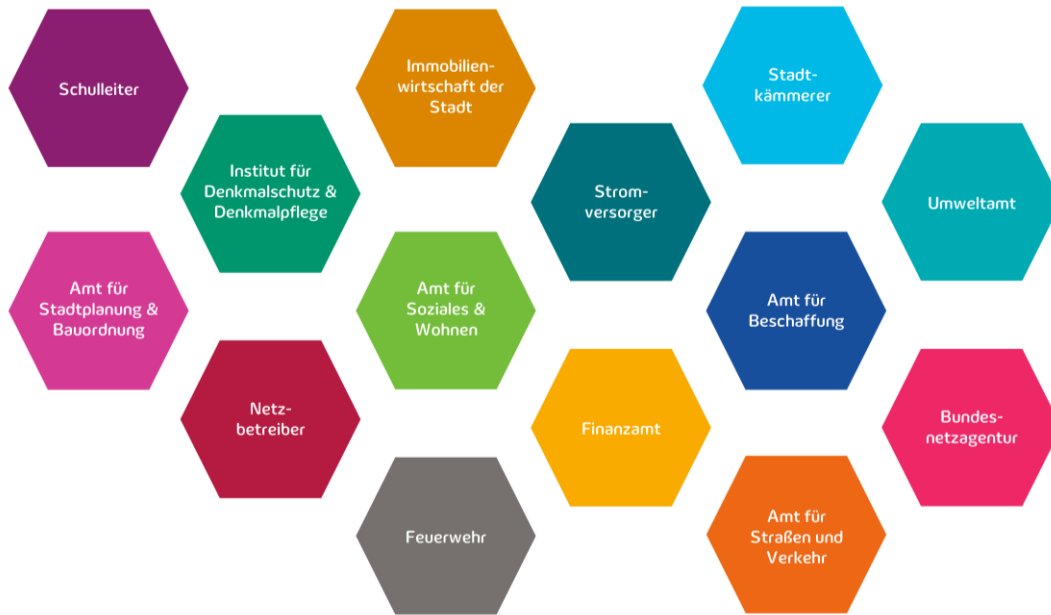
1. Bei der gewählten Anlagengröße liegt der Eigenverbrauch bei circa 50 Prozent. Lohnt sich die Anlage aus wirtschaftlicher Sicht? Wenn ja, nach wie vielen Jahren ist dies der Fall?
2. Wie verändert sich die Rentabilität der Anlage, wenn du den Zeitwert des Geldes mit einbeziehst?
 - a. Mit dem Zinssatz 5%
 - b. Mit dem Zinssatz 10%

3

7.2 Druckvorlage zu „Ansprechpartner und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage“ unter Kapitel 0 (Datei M4_02)

Siehe folgende Seiten.





7.3 Hintergrundinformationen „Ansprechpartner und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage“ unter Kapitel 0 (Datei M4_03)

7.3 Hintergrundinformationen zum Punkt „Institutionen und Umsetzungsprozess einer Photovoltaikanlage“ unter Kapitel 5.5

#	Institutionen	Aufgaben
1 ¹	Immobilienwirtschaft der Stadt	<ul style="list-style-type: none"> Gibt bei Gebäuden im Eigentum der Stadt eine erste Einschätzung zur Realisierbarkeit des Bauvorhabens ab (z. B. in Bezug auf die Tragfähigkeit des Gebäudes für die geplante Photovoltaikanlage) Nach Inbetriebnahme: Übernimmt die Versicherungspflichten und die Bewirtschaftung der Anlage
2 ²³	Stadtkämmerer / Wirtschaftsausschuss	<ul style="list-style-type: none"> Nimmt eine Kosten-Nutzen-Rechnung vor Nach Inbetriebnahme: Wickelt die EEG-Vergütung ab
3 ⁴	Umweltbundesamt	<ul style="list-style-type: none"> Kann Fördergelder für Photovoltaikanlagen bewilligen
4 ⁵⁶	Amt für Stadtplanung und Bauordnung	<ul style="list-style-type: none"> Im Fall von denkmalgeschützten Gebäuden wird eine Baugenehmigung benötigt Erteilt Baugenehmigung bei Erfüllung aller Kriterien Voraussetzung: Gewährleistung der Sicherheit der Anlage (z. B. in Bezug auf brand- und Blitzschutz, Standsicherheit, etc.)
5 ⁷⁸⁹¹⁰	Institut für Denkmalschutz und Denkmalpflege	<ul style="list-style-type: none"> Bei denkmalgeschützten Gebäuden ist die Genehmigung des Denkmalschutzes die Voraussetzung für die Erteilung der Baugenehmigung Bewertet alle Baumaßnahmen, die denkmalgeschützte Gebäudeteile betreffen (im Inneren und Äußeren) Erteilt die entsprechende Genehmigung bei Erfüllung aller Kriterien
6 ¹¹	Amt für Beschaffung / Einkauf	<ul style="list-style-type: none"> Schreibt das Vorhaben aus Wählt den Anbieter aus Vergibt den Auftrag
8 ¹²¹³¹⁴¹⁵	Netzbetreiber	<ul style="list-style-type: none"> Informiert den Errichter der Photovoltaikanlage af Nachfrage über die tchnischen Anschlussbedingungen (TAB) für die Photovoltaikanlage an das Netz (z. B. die Art der Einspeisung je nach Leistung und die Art des Stromzählers) Nimmt den Anschluss der Anlage an das Netz vor. Die Kosten dafür trägt der Betreiber der Anlage. Ist verpflichtet, Strom aus Photovoltaikanlagen in das Netz einzuspeisen Zahlt die Vergütung (EEG) für den eingespeisten Strom aus Hat das Recht, eine Netzverträglichkeitsprüfung durchzuführen. Für diese Prüfung hat er acht Wochen Zeit

		<ul style="list-style-type: none"> • Bei Anlagen bis 10 kWp Leistung sind i. d. R. keine Probleme bzgl. der Netzverträglichkeit zu erwarten • Bei Anlagen über 10 kWp muss die Anlagen dem Netzbetreiber vor der Installation gemeldet werden
9 ¹⁶ 17	Finanz- / Gewerbeamt	<ul style="list-style-type: none"> • Hier ist u. U. eine Gewerbeanmeldung vorzunehmen, da die EEG-Vergütung eine Einnahme darstellt. Für selbstgenutzte, private Gebäude unterhalb einer Bagatellgrenze (30 m² oder 5 kWp) wird keine Gewerbeanmeldung benötigt
10 ¹⁸	Bundesnetzagentur	<ul style="list-style-type: none"> • Bei der Bundesnetzagentur muss jede Photovoltaikanlage durch den jeweiligen Betreiber gemeldet werden (inkl. Daten zum Betreiber der Anlage, Standort der Anlage, Nennleistung in kWp, und Tag der Inbetriebnahme) • Die Anmeldung erfolgt online über das Portal der Bundesnetzagentur, und zwar frühestens zwei Wochen vor Inbetriebnahme und spätestens am Tag der Inbetriebnahme • Wer die Anmeldung der Anlage versäumt, hat keinen Anspruch auf die Einspeisevergütung • Der jährlich erzeugte Strom muss der Bundesnetzagentur stets bis zum 28.02. des Folgejahres mitgeteilt werden, sonst drohen Sanktionen

¹ https://www.essen.de/leben/planen__bauen_und_wohnen/staedtische_bauprojekte/staedtische_bauprojekte.de.html
² <http://kommunalwiki.boell.de/index.php/K%C3%A4mmerer>
³ https://www.erlangen.de/desktopdefault.aspx/tabid-262/153_read-6566/
⁴ <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=19ceaa5bbf4ccbaf44df60707046ce;views=document&doc=4100>
⁵ <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-planung/klaerung-baugenehmigung>
⁶ https://www.dortmund.de/de/leben_in_dortmund/planen_bauen_wohnen/stadtplanungs_und_bauordnungsamt/start_spoamt/index.html
⁷ <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-planung/klaerung-baugenehmigung>
⁸ <https://www.vdl-denkmalpflege.de/die-vdl.html>
⁹ <https://www.rbk-direkt.de/aufgaben-der-denkmalbehoerde.aspx>
¹⁰ https://denkmalpflege.lvr.de/de/service/zustaendigkeiten_nrw/zustaendigkeiten_denkmalpflege_und_denkmalschutz_in_nrw.html
¹¹ <https://www.duisburg.de/vv/oe/dezernat-iv/10/3/1/einkauf.php>
¹² <https://www.photovoltaik.org/wissen/netzanschluss>
¹³ https://mep-solarstrom.de/magazin/welche_unterlagen_muessen_an_den_netzbetreiber_gesendet_werden/
¹⁴ <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-planung/anmeldung-netzbetreiber>
¹⁵ <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/montage-inbetriebnahme/netzanschluss-einspeisung>
¹⁶ <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/betrieb/steuern-gewerbeanmeldung>
¹⁷ <https://photovoltaiksolarstrom.com/photovoltaiklexikon/pv-gewerbeanmeldung/>
¹⁸ <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-planung/anmeldung-netzbetreiber>