

# Arbeitsmappe – Solarfirma

Diese Arbeitsmappe soll als schriftliche Hilfestellung für die **Planung einer Solaranlage** dienen. In ihr findet ihr alle Beschreibungen für die notwendigen Arbeitsschritte, sowie Hinweise für weiterführende Planungsaufgaben. Prüft bitte immer, ob ihr alle Teilschritte erledigt habt, bevor ihr zum nächsten Arbeitsschritt übergeht. Beachtet die kleinen **Hinweisfelder** am rechten Rand des Dokumentes. Diese helfen euch, die Aufgaben zu erfüllen.

Herzlich willkommen im Team der **Solarfirma**. Für das aktuelle Projekt zur Planung einer Solaranlage in eurer Schule, versetzt ihr euch in die Rolle eines Montagebetriebes.

Eure grundlegenden Aufgaben sind folgende:

- Auswahl der PV-Module
- Auswahl der Wechselrichter
- Auswahl der Unterkonstruktion
- Berechnung der Kosten inkl. Arbeitsleistung



Folgende Begabungen und Interessen können von Vorteil sein:

1. Die Fähigkeit, praktisch zu denken und räumliches Vorstellungsvermögen
2. Technisches Grundverständnis (zu Begriffen wie kWh, kWp, Parallel- und Reihenschaltung)
3. Die Fähigkeit zur Kommunikation mit anderen Teams
4. Keine Scheu vor fachlichen Texten und dem Treffen von Entscheidungen

Ihr benötigt für die Arbeit folgende Utensilien:

1. Bleistift, Lineal und Kugelschreiber
2. Taschenrechner

## 1. Eindrucksvoller Name gesucht!

- Jedes Unternehmen sollte einen eindrucksvollen Namen haben, um Wiedererkennungswert zu haben. Denkt euch einen Namen aus und schreibt ihn in das vorgesehene Feld.

Name eurer Solarfirma:

## 2. Auswahl möglicher Modulhersteller

Photovoltaikmodule werden international von einer Vielzahl von Herstellern angeboten. In Deutschland werden rund 70 % der verbauten Module aus der Volksrepublik China importiert, etwa 10 % stammen aus der nordamerikanischen Produktion und etwa 10 % importieren wir aus Norwegen, Großbritannien und den Niederlanden. Nur etwa 10 % des heimischen Marktes werden von Herstellenden aus Deutschland bedient. Oftmals treffen Investoren die Entscheidung über die Herkunft ihrer Solarmodule auf Grundlage von Preis, Quantität und Verfügbarkeit. Faktoren wie Qualität, Nachhaltigkeit und Herstellungsbedingungen spielen im Kapitalmarkt eine untergeordnete Rolle.



Solarwatt wurde 1993 in Dresden gegründet und stellt sich als erfahrenes Photovoltaikunternehmen dar. Verfolgt wird die Strategie alle Komponenten für die Eigenstromversorgung von Haushalten herzustellen und zu vermarkten. Mit einem hohen Anspruch an „Konsequenz und Qualität“ soll erreicht werden, dass die Photovoltaikmodule äußerst lang und zuverlässig funktionieren. Sie sind optisch für Privathaushalte und Carports optimiert. Auf ungerahmte Glas-in-Glas-Module wird von SOLARWATT beispielsweise eine Leistungsgarantie von 30 Jahren gegeben.



Heckert Solar GmbH ist ein 2001 gegründetes Unternehmen aus Chemnitz, welches in Eigenproduktion mono- und polykristalline Solarzellen in verschiedenen Ausführungen und Designs anbietet. Die Firma selbst beschreibt ihren Anspruch bei der Herstellung von Solarmodulen als besonders nachhaltig, bei der ein verantwortungsbewusster und schonender Umgang mit Ressourcen im Vordergrund steht. Heckert Solar wurde im Bereich Umweltmanagement bereits 2018 nachzertifiziert. Auf Module dieser Firma wird eine Leistungsgarantie von 25 Jahren gegeben.



JA Solar Holdings, Co., Ltd. ist das umsatzstärkste Solarentwicklungsunternehmen weltweit. Es wurde im Jahr 2005 in Shanghai (Volksrepublik China) gegründet und beschäftigt aktuell rund 30.000 Mitarbeitende. Kernkompetenz des Unternehmens liegt in der Produktion von mono- und polykristallinen Solarzellen bzw. -modulen. Geworben wird mit einer sehr guten Qualität zu niedrigen Preisen und weltweiter Verfügbarkeit. Größter Nachteil bei JA Solar Modulen ist die geringe Produktgarantie von nur 12 Jahren.

- Kreuzt an, für welchen der drei Hersteller ihr euch in eurem Fall entscheiden würdet.
- Bedenkt bei der Auswahl die Aspekte Lieferzeit, Lieferwege, Kosten und die Nachhaltigkeit (Ökologie, Ökonomie, Soziales, Politik).
- Begründet eure Entscheidung in drei kurzen Stichpunkten.

-

-

-

### 3. Auswahl der Solarzellentechnologie

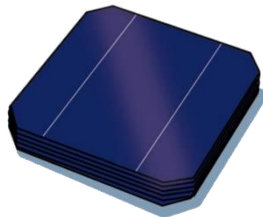
Die Auswahl der geeigneten Technologie ist laut aktuellem Marktstand in drei Kategorien unterteilt, die werden nicht nur optisch, sondern in ihren Kosten pro installierter Kilowattstunde, dem Wirkungsgrad und der Recyclingfähigkeit unterschieden.



Da die Einstrahlung, der Winkel zur Sonne und die Temperatur an jedem Standort variieren können, wird die Leistung der Module in Kilowattpeak (kWp) angegeben. Kilowattpeak bezeichnet die maximale Leistung von Photovoltaikmodulen unter Standardbedingungen von 1000 W/m<sup>2</sup> bei einer Temperatur von 25°C.

➤ Kreuzt an, für welche der drei Technologien ihr euch entscheidet.

Monokristalline Zellen



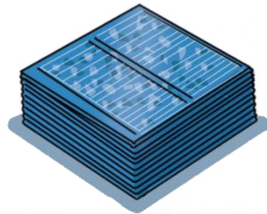
Bei diesen Solarzellen wird ein Siliziumstab mit einheitlicher kristalliner Ausrichtung per Hochofen-Zugverfahren erzeugt. Nach dem Zuschneid erfolgt unter Vakuum eine Dotierung mit Phosphor und Bor, um Halbleitereigenschaften zu erzeugen. Mit Wirkungsgraden von **20-22 %** sind sie am effektivsten und für direkte Sonneneinstrahlung geeignet. Wegen der aufwändigen und energieintensiven Herstellung sind monokristalline Module im Vergleich etwas teurer, benötigen jedoch bei gleicher Leistung die kleinste Fläche.

Preis: 420 €/kWp

Flächenbedarf pro kWp: 5m<sup>2</sup>

Flächenleistung:  $\vartheta = 0,2 \text{ kWp/m}^2$

Polykristalline Zellen



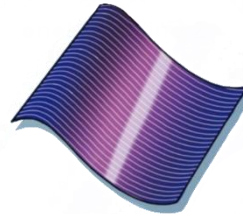
Die Solarzelle besteht aus vielen aneinandergrenzenden Siliziumkristallen, die natürlich entstehen, wenn geschmolzenes Silizium erstarrt. Nach dem Zuschneid der Wafer werden sie im Vakuum mit Bor und Phosphor dotiert. Diese Solarzellen sind preiswerter, besitzen jedoch nur einen Wirkungsgrad von **15-18 %**. Einzelzellen haben ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis, erhöhen jedoch durch den höheren Platzbedarf die Kosten für Unterkonstruktion und Montage.

Preis: 390 €/kWp

Flächenbedarf pro kWp: 8,3m<sup>2</sup>

Flächenleistung:  $\vartheta = 0,12 \text{ kWp/m}^2$

Dünnschichtzellen



Bei diesen Photovoltaikmodulen werden Halbleitermaterialien in dünnen Schichten auf Substrat (z. B. Glas) aufgetragen. Der Produktionsprozess ist einfach und der Energieaufwand sehr gering, weshalb sie kostengünstiger in der Herstellung sind. Sie liefern gute Erträge bei indirekter Sonneneinstrahlung und erreichen Wirkungsgrade von **10-13 %**. Allerdings unterliegen die Module einer hohen Altersdegeneration von 0,3-0,5 % pro Jahr und die Entsorgung ist sehr problematisch, weil giftige Schwermetalle (Arsen, Cadmium oder Selen) enthalten sein können.

Preis: 340 €/kWp

Flächenbedarf pro kWp: 12,5m<sup>2</sup>

Flächenleistung:  $\vartheta = 0,08 \text{ kWp/m}^2$

➤ Begründet eure Entscheidung anhand folgender Aspekte. Schreibt die Angaben eures Favoriten nochmals heraus.

**Modulpreis pro kWp:**

Wirkungsgrad:

Flächenbedarf:

**Flächenleistung:**

kWp/m<sup>2</sup>

#### 4. Berechnung der Solaranlage

Entscheidet gemeinsam mit den anderen Teams, welche Flächen in der Nähe eurer Schule für eine Photovoltaikanlage in Frage kämen. Zur Auswahl stehen Freiflächen, Parkplätze, Flach- und Satteldächer. Jede Konstruktionsart besitzt ihre eigene Kostenstruktur.

- Um eure Anlage so real wie möglich zu planen, füllt in Absprache mit den anderen Teams die Lücken aus und kreuzt eure Entscheidungen an.

*Ausrichtungen können nach Osten, Süden und Westen erfolgen. Welche ihr wählt, hängt davon ab, wie die Dachfläche geneigt ist oder wohin die Anlage aufgeständert wird. Solaranlagen in Ostausrichtung produzieren morgens mehr Strom, Anlagen in Südausrichtung mittags und auf nach Westen geneigte Module produzieren in der Abendsonne Strom.*

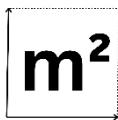
Das aktuelle Projekt soll auf folgender Fläche installiert werden: \_\_\_\_\_

Die Nettofläche des Daches beträgt: \_\_\_\_\_  $m^2$ . Dabei handelt es sich um:



Rücksprache mit dem Architektur-Team.

Eine Freifläche



Die Ausrichtung der Aufständerung erfolgt:  
 Süd  Ost  West  
 Flächennutzungsfaktor:  
 $\rho = 0,5$

Ein Flachdach



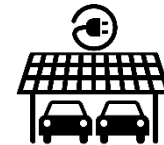
Die Ausrichtung der Aufständerung erfolgt:  
 Süd  Ost  West  
 Flächennutzungsfaktor:  
 $\rho = 0,5$

Ein Satteldach



Die Ausrichtung der geeigneten Fläche ist:  
 Süd  Ost  West  
 Flächennutzungsfaktor:  
 $\rho = 0,9$

Carport



Die Ausrichtung der Aufständerung erfolgt:  
 Süd  Ost  West  
 Flächennutzungsfaktor:  
 $\rho = 0,9$

- Berechnet die Kosten der Module in Abhängigkeit von der Belegungsfläche. Nutzt hierzu auch die Flächenleistung eurer gewählten Module (Aufgabe 3) und den Flächennutzungsfaktor eurer Anlage

Die Größe der Belegungsfläche beträgt: **Bruttofläche – Aufbauten =** \_\_\_\_\_



Rücksprache mit dem Architektur-Team.

Die Anlagenleistung ermittelt sich aus *Belegungsfläche A \* Flächennutzungsfaktor  $\rho$  \* Flächenleistung  $\vartheta$*

Anlagenleistung: \_\_\_\_\_  $m^2$  \* \_\_\_\_\_ \* \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_  $kWp$

- Vervollständigt die Kalkulation der Photovoltaikmodule.

**Kostenberechnung Photovoltaikmodule:**

Modulpreis (aus Aufgabe 3) \_\_\_\_\_ €/kWp \* Anlagenleistung in kWp \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_.

### 5. Auswahl der Unterkonstruktion

Abhängig von der Dachform muss eine passende Unterkonstruktion für die Photovoltaikmodule ausgewählt werden. Bei Satteldächern kann ein dachparalleler Aufbau durchgeführt werden. Bei Flachdächern und bei Freiflächen muss eine Aufständerung gewählt werden. Bei Parkplätzen muss ein gänzlich neues Carport-System errichtet werden.

- Welche Unterkonstruktion kommt bei eurem Projekt in Frage? Kreuzt die entsprechende Antwort an. Berechnet anschließend die Gesamtkosten der Unterkonstruktion.

Flachdachaufständerung



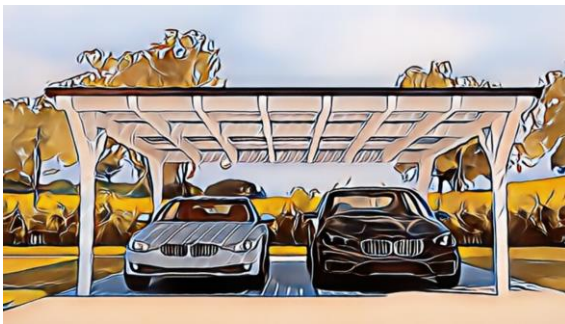
Kosten: 250 €/kWp

Aufdachmontage



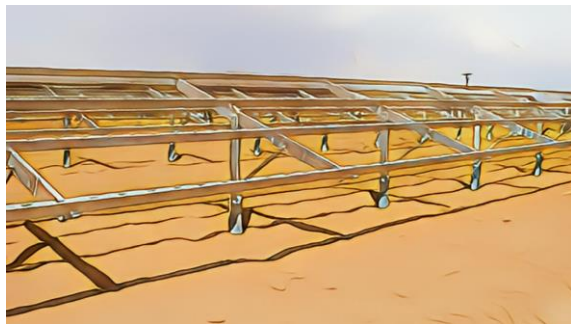
Kosten: 150 €/kWp

Carportsystem



Kosten: 1.200 €/kWp

Freiflächenaufständerung



Kosten: 300 €/kWp

- Vervollständigt die Kalkulation der Unterkonstruktion

**Kostenberechnung Unterkonstruktion:**

Kosten Unterkonstruktion \_\_\_\_\_ €/kWp \* Anlagenleistung \_\_\_\_\_ kWp = \_\_\_\_\_.

## 6. Auswahl Wechselrichter

Wechselrichter sorgen dafür, dass der von den Photovoltaikmodulen produzierte Gleichstrom in nutzbaren Wechselstrom umgewandelt wird. Für eine Photovoltaikanlage kann man zwei verschiedene Arten von Wechselrichtern nutzen.

- Lest euch die zwei Arten von Wechselrichtern durch und entscheidet euch anschließend für einen der beiden Typen. Kreuzt eure Entscheidung an.

Ein Modulwechselrichter wird direkt an ein Solarmodul angeschlossen und wandelt die Gleichspannung direkt am Modul in eine Wechselfspannung um. Modulwechselrichter sind besonders platzsparend und damit besonders für Kleinstanlagen ohne separate Technikräume geeignet.

Preis: 350€ / kWp + Anschlusskabel 75€ /kWp → Gesamtkosten: 425€ / kWp

Zentralwechselrichter fassen mehrere Modulfelder (auch Strings genannt) der Anlage zusammen und wandeln deren Gleichstrom in Wechselstrom um. Zentralwechselrichter befinden sich gesammelt an einem Ort (z.B. Technikraum). Hier kann Überwachung und Wartung zentral stattfinden.

Preis: 100€ / kWp + Anschlusskabel 150€ /kWp → Gesamtkosten 250€ / kWp

- Berechnet die anfallenden Kosten für den Wechselrichter.

**Kostenberechnung Wechselrichter:**

Preis des Wechselrichters \_\_\_\_\_ €/kWp \* Anlagenleistung \_\_\_\_\_ kWp = \_\_\_\_\_ €.

## 7. Berechnung Arbeitsleistung

Um das Projekt am Standort aufbauen zu können, benötigen wir noch Fachkräfte. Als Solarfirma bringen wir alle Leistungen unter einen Hut, müssen jedoch die Personalkosten an unsere Kunden weitergeben. Überlegt, welche Kosten in unserem Projekt vorhanden sind und kalkuliert die Gesamtsumme.

<input type="checkbox"/>	Bau- / & Projektleitung	_____ 100,00 €/kWp
<input type="checkbox"/>	Gerüstbau und -miete	_____ 50,00 €/kWp
<input type="checkbox"/>	Wechselrichtermontage und Elektroinstallation	_____ 100,00 €/kWp
<input type="checkbox"/>	Montage der Unterkonstruktion	_____ 75,00 €/kWp
<input type="checkbox"/>	Modulbelegung	_____ 75,00 €/kWp

Gesamtsumme Arbeitsleistung (spezifisch): \_\_\_\_\_ €/kWp

- Berechnet, wie viel Kosten ihr für die Montage der Gesamtanlage in Rechnung stellen müsst.

**Kostenberechnung Arbeitsleistung:**

Preis für Arbeitsleistung \_\_\_\_\_ €/kWp \* Anlagenleistung \_\_\_\_\_ kWp = \_\_\_\_\_ €.

## 8. Übersicht Gesamtkosten

Nachdem ihr die einzelnen Kosten für die Teile der Photovoltaikanlage berechnet haben, wird vom Investmentteam eine abschließende Gesamtkostenabrechnung als Angebot benötigt.

- Übertragt die Ergebnisse der Aufgaben 1-7 in die nachstehende Tabelle. Berechnet im Anschluss die Gesamtkosten für die Photovoltaikanlage.

### Angebot der Firma

Firmenname

Für die Errichtung einer Photovoltaikanlage an Ihrem Standort unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Anlagenstandort

Anlagengröße

kWp

Kosten Photovoltaikmodule

Kosten Unterkonstruktion

Kosten Wechselrichter

Kosten Arbeitsleistung

Zwischensumme:

Gewinnmarge (10% Aufschlag)

Gesamtsumme:



Die Gesamtsumme übermittelt ihr dem Investmentteam

- Präsentiert euer Angebot den anderen Gruppen. Beachtet zusätzlich, kurze Erklärungen zu den von euch getroffenen Entscheidungen abzugeben.