

Solarprojekt

Lehrinhalte Photovoltaik

03.Oktober.2024 Version 0.1
Draft

Date	Name	Änderungsgrund	Version
03.10.2024	Lohnert	Erstellung der deutschen Version	1.0

Änderungshistorie

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Die Kraft der Sonne und wie wir Sie nutzen können	5
2.1	Grundlagen zur Sonnenstrahlung	5
2.1.1	Globalstrahlung	5
2.1.2	Solarkonstante	5
2.1.3	Direkte Strahlung	5
2.1.4	Diffuse Strahlung	6
2.2	Weltenergiebedarf	6
2.3	Formen der Nutzung von Solarenergie	7
2.3.1	Solarthermie	7
2.3.2	Photovoltaik	9
3	Elektrotechnische Grundlagen	11
3.1	Aufgabe zur Umrechnung von Energie und Fahrradfahren	11
4	Anwendungsformen der Photovoltaik	12
4.1	Kleine Photovoltaic Anlagen	12
4.2	Photovoltaik Großanlagen	13
4.3	Die Photovoltaik Strategie in Deutschland	15
4.4	Kolumbiens Politik zur Energiewende	17
4.5	Beispiele von Photovoltaik Projekte	18
4.6	Agri Photovoltaik	21
4.6.1	Aufgeständerte Photovoltaik-Anlagen	21
4.6.2	Vertikale PV Systeme	22
4.6.3	Vorteile Agri-photovoltaik Systeme	22
4.6.4	Beispiele von Agri-Photovoltaik Systemen	23
5	Exkurs Speicher Technologien	24
5.1	Einleitung	24
5.2	Netzunabhängige Systeme	24
5.3	Speicherlösungen – im Vergleich	26
6	Kurzablauf von Planung bis Inbetriebsetzung einer PV-Anlage	29
6.1	Planung und Genehmigung	29
6.2	Auswahl der Komponenten	29
6.3	Installation der Unterkonstruktion	29
6.4	Montage der Solarmodule	29
6.5	Installation des Wechselrichters	30
6.6	Anschluss an das Stromnetz	30
6.7	Systemprüfung und Inbetriebnahme	30
6.8	Wartung und Überwachung	30
7	Planung einer Photovoltaik-Anlage	31
7.1	Standortanalyse	31
7.2	Maße nehmen	32
7.3	Bestimmung des Energiebedarfs	33
7.4	Dimensionierung der Photovoltaikanlage	34
7.5	Auswahl der technischen Komponenten	34
7.6	Wirtschaftlichkeitsanalyse	35
8	Aufbau einer PV-Anlage	37

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

8.1	Planung und Vorbereitung	37
8.2	Gerüst aufstellen	37
8.3	Montageschienen anbringen	37
8.4	Solarpaneele montieren	37
8.5	Verkabelung	38
8.6	Wechselrichter installieren	38
8.7	Anschluss an das Stromnetz	38
8.8	Inbetriebnahme und Überprüfung	39
9	Betrieb einer PV-Anlage	40
9.1	Regelmäßige Überwachung	40
9.2	Reinigung der PV-Module	40
9.3	Wartung und Inspektion	41
9.4	Jährliche Ertrags- und Finanzauswertung	41
9.5	Dokumentation und Reporting	42
9.6	Störungsmaßnahmen	42
10	Finanzierungsmodelle einer PV-Anlage	43
10.1	Faktoren der Finanzierung	43
10.2	Finanzierungsmodelle	44
11	Social Entrepreneurship	45
11.1	Einleitung	45
11.2	Welche Geschäftsmodelle gibt es heute auf dem Photovoltaikmarkt?	45
11.2.1	Investitionsorientierte Modelle	45
11.2.2	Verbrauchsorientierte Modelle	45
11.3	Was ist Social Entrepreneurship?	46
11.4	Methoden zur Entwicklung von Geschäftsmodellen	47
11.4.1	Design Thinking	47
11.4.2	Design Thinking Übungen	49
11.4.3	The Business Canvas Methodology	50
12	Berufe	52
12.1	Einleitung	52
12.2	Benötigte Fachkräfte	52
12.3	Fachkräftemangel in der Solarindustrie	53

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

1 Einleitung

Mit diesem Dokument wollen wir einen Beitrag für ein besseres Verständnis zur Nutzung der Energie der Sonne durch Photovoltaik leisten. Es soll einen ganzheitlichen Überblick zu den vielfältigen Themen rund um die Photovoltaik zu geben.

Die Zielgruppe sind Schullehrer. Ziel ist es das Wissen zu den verschiedenen Themenblöcken an die Fachlehrer zu vermitteln und Impulse zu geben Inhalte in den Lehrplan von Schülern zu integrieren.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

2 Die Kraft der Sonne und wie wir Sie nutzen können

2.1 Grundlagen zur Sonnenstrahlung¹

2.1.1 Globalstrahlung

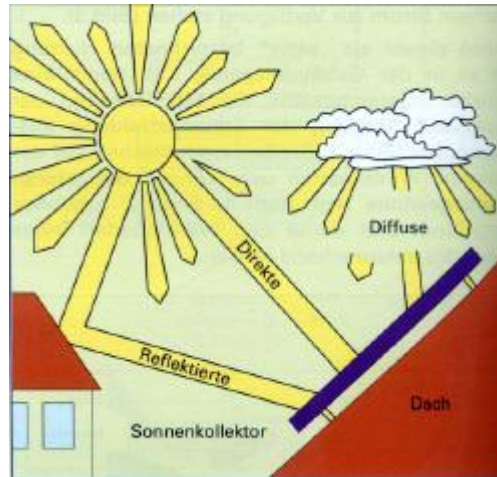


Abbildung 1: Globalstrahlung²

Die Globalstrahlung ist die Gesamtmenge an Sonnenstrahlung, die die Erdoberfläche erreicht. Sie setzt sich aus zwei Hauptkomponenten zusammen: direkte Strahlung und diffuse Strahlung.

$$E_G = E_{\text{Direkt}} + E_{\text{Diffus}}$$

2.1.2 Solarkonstante

Die Solarkonstante ist die durchschnittliche Energiemenge, die die Erde pro Sekunde und pro Quadratmeter aus dem Weltraum erhält. Sie beträgt etwa 1367 Watt pro Quadratmeter. Diese Konstante ist wichtig, da sie den Energiefluss von der Sonne zur Erde charakterisiert und grundlegend für viele Berechnungen in der Astronomie, Klimatologie und Energieerzeugung ist.

$$E_G = \frac{\text{Strahlungsleistung}}{\text{Kugeloberfläche}} = \frac{P_{\text{Sonne}}}{4 * \pi * r_{se}^2} = \frac{3,845 * 10^{26} W}{4 * \pi * (1,496 * 10^{11} m)^2} = 1367 W/m^2$$

2.1.3 Direkte Strahlung

Direkte Strahlung kommt direkt von der Sonne zur Erde, ohne von der Atmosphäre gestreut oder reflektiert zu werden. Sie ist intensiver und konzentrierter, insbesondere bei klarem Himmel.

¹ Konrad Mertens, *Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis*. München: Hanser Verlag 2020, S. 41-61

² Schulungsstelle Taunusstein, [Online]. Available: <http://www.schulungsstelle-traunstein.de/Energieberatung/background/5304029665089601f/530402966806ae302/530402966806f4b2a/index.html>. [Zugriff am 28.02.24].

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

2.1.4 Diffuse Strahlung

Diffuse Strahlung entsteht, wenn Sonnenstrahlen von Luftmolekülen, Wolken, Staub und anderen Partikeln in der Atmosphäre gestreut werden. Diese gestreute Strahlung erreicht die Erdoberfläche aus verschiedenen Richtungen und sorgt für eine gleichmäßigere Ausleuchtung, besonders bei bedecktem Himmel.

Die Diffusstrahlung in Deutschland wird häufig unterschätzt, dabei macht sie über das ganze Jahr gesehen einen größeren Beitrag an der Gesamt-Globalstrahlung aus als direkte Einstrahlung.

Für die Planung einer Photovoltaikanlage ist es wichtig, die lokale Globalstrahlung zu ermitteln, um auch den möglichen Ertrag berechnen zu können.

2.2 Weltenergiebedarf

Der Weltenergiebedarf bezeichnet die Gesamtmenge an Energie, die von allen Ländern der Welt benötigt wird, um ihre wirtschaftlichen, industriellen, transportbezogenen und persönlichen Bedürfnisse zu erfüllen.

Um den Weltenergiebedarf zu quantifizieren, wird üblicherweise die Einheit Kilowattstunde (kWh) verwendet. Eine Kilowattstunde entspricht der Energiemenge, die erzeugt oder verbraucht wird, wenn ein Gerät mit einer Leistung von einem Kilowatt (kW) eine Stunde lang betrieben wird.

Der Weltenergiebedarf wird in Terawattstunden (TWh) gemessen, nicht in Kilowattstunden (kWh), da es sich um sehr große Mengen handelt. Eine Terawattstunde entspricht einer Milliarde Kilowattstunden.

Die genaue Zahl des Weltenergiebedarfs kann je nach Quelle und Jahr variieren, aber um eine ungefähre Vorstellung zu geben: Der jährliche Weltenergiebedarf liegt typischerweise im Bereich von mehreren Zehntausend Terawattstunden (TWh).

Die Aufteilung des Weltenergiebedarfs in verschiedene Kategorien kann je nach Quelle und Jahr variieren. Allgemein umfassen die Hauptkategorien des Weltenergiebedarfs:

1. **Stromerzeugung:** Etwa 40-45% des Gesamtenergiebedarfs entfallen auf die Erzeugung von elektrischer Energie. Diese wird aus verschiedenen Quellen wie Kohle, Erdgas, erneuerbaren Energien (wie Solarenergie und Windenergie) und Kernenergie gewonnen.
2. **Verkehrssektor:** Der Verkehrssektor macht ungefähr 25-30% des Weltenergiebedarfs aus. Dieser Bereich umfasst den Energiebedarf für Autos, Lastwagen, Züge, Schiffe und Flugzeuge, der größtenteils durch fossile Brennstoffe wie Benzin, Diesel und Kerosin gedeckt wird.
3. **Industrieller Sektor:** Etwa 20-25% des Weltenergiebedarfs entfallen auf den industriellen Sektor. Die Industrie benötigt Energie für die Herstellung von Waren, die Verarbeitung von Rohstoffen und die Durchführung von industriellen Prozessen. Die Energie stammt aus verschiedenen Quellen, einschließlich fossiler Brennstoffe und elektrischer Energie.
4. **Heizung und Kühlung:** Ungefähr 10-15% des Gesamtenergiebedarfs entfallen auf den Bereich Heizung und Kühlung. Dies umfasst den Energiebedarf für Heizung, Klimatisierung und Warmwasserbereitung in Wohn- und Geschäftsgebäuden. Die Energiequellen können je nach Region und Vorlieben der Verbraucher variieren.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Diese prozentualen Anteile können je nach Region, Wirtschaftsstruktur und Energiepolitik variieren, bieten jedoch einen Überblick über die Verteilung des Weltenergiebedarfs auf die verschiedenen Sektoren.

2.3 Formen der Nutzung von Solarenergie

2.3.1 Solarthermie

Solarthermie ist eine Technologie, die Sonnenenergie zur Erzeugung von Wärme nutzt. Diese Wärme kann für verschiedene Zwecke verwendet werden, einschließlich der Warmwasserbereitung, Raumheizung und industriellen Prozesswärme. Solarthermie ist eine nachhaltige und umweltfreundliche Alternative zu fossilen Brennstoffen, da sie keine schädlichen Emissionen erzeugt und die Nutzung der Sonnenenergie praktisch unbegrenzt ist.

2.3.1.1 Funktionsprinzip der Solarthermie

Das grundlegende Funktionsprinzip der Solarthermie besteht darin, Sonnenstrahlung zu sammeln und in nutzbare Wärme umzuwandeln. Dies wird hauptsächlich durch Solarkollektoren erreicht. Es gibt zwei Haupttypen von Solarkollektoren: Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren.

2.3.1.2 Solarkollektoren

Flachkollektoren bestehen aus einer Absorberfläche, die die Sonnenstrahlung aufnimmt und in Wärme umwandelt. Diese Wärme wird durch ein Wärmeübertragungsmedium (normalerweise Wasser oder eine Wasser-Glykol-Mischung) transportiert. Die Absorberfläche ist in ein isoliertes Gehäuse eingebettet, das mit einer transparenten Abdeckung versehen ist, um Wärmeverluste zu minimieren.

Vakuumröhrenkollektoren arbeiten nach einem ähnlichen Prinzip, jedoch sind die Absorberflächen in Glasröhren eingeschlossen, aus denen die Luft entfernt wurde, um ein Vakuum zu erzeugen. Dieses Vakuum wirkt als hervorragende Isolierung und reduziert die Wärmeverluste erheblich, was diese Kollektoren besonders effizient macht.

2.3.1.3 Wärmetransport und -speicherung

Die durch die Kollektoren gesammelte Wärme wird über das Wärmeübertragungsmedium zu einem Wärmespeicher transportiert. Dieser Wärmespeicher kann aus einem einfachen Wassertank bestehen oder ein komplexeres System zur Speicherung großer Wärmemengen umfassen. Die gespeicherte Wärme kann dann bei Bedarf abgerufen und für verschiedene Anwendungen genutzt werden.

2.3.1.4 Thermodynamische Grundlagen

Die Effizienz von Solarkollektoren kann durch die thermodynamischen Prinzipien der Wärmeübertragung beschrieben werden. Die grundlegende Gleichung zur Berechnung der Wärmeleistung eines Solarkollektors ist:

$$Q = A \cdot I \cdot \eta$$

wobei:

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

- Q die erzeugte Wärmeleistung (Watt) ist,
- A die Fläche des Kollektors (Quadratmeter) ist,
- I die solare Einstrahlung (Watt pro Quadratmeter) ist,
- η der Wirkungsgrad des Kollektors ist.

Der Wirkungsgrad η eines Solarkollektors hängt von mehreren Faktoren ab, einschließlich der Qualität der Absorberfläche, der Art der Isolierung und der Temperaturdifferenz zwischen dem Absorber und der Umgebung. Der Wirkungsgrad kann durch die folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot (T_m - T_a) - a_2 \cdot (T_m - T_a)^2$$

wobei:

- η_0 der optische Wirkungsgrad des Kollektors ist (d.h. der Wirkungsgrad unter idealen Bedingungen),
- a_1 und a_2 empirisch bestimmte Verlustkoeffizienten sind,
- T_m die mittlere Temperatur des Wärmeübertragungsmediums ist,
- T_a die Umgebungstemperatur ist.

2.3.1.5 Vorteile und Herausforderungen

Solarthermie bietet zahlreiche Vorteile:

- **Umweltfreundlichkeit:** Keine CO₂-Emissionen während des Betriebs.
- **Nachhaltigkeit:** Nutzung der unerschöpflichen Sonnenenergie.
- **Kosteneffizienz:** Reduzierte Betriebskosten nach der Installation.

Jedoch gibt es auch Herausforderungen:

- **Initiale Kosten:** Hohe Anschaffungskosten für Solarkollektoren und Speichersysteme.
- **Platzbedarf:** Notwendigkeit von ausreichend Fläche für die Installation der Kollektoren.
- **Wetterabhängigkeit:** Effizienz abhängig von der Sonneneinstrahlung.

2.3.1.6 Fazit

Solarthermie ist eine vielversprechende Technologie zur nachhaltigen Erzeugung von Wärmeenergie. Durch die Nutzung von Solarkollektoren und effizienten Speichersystemen kann sie einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen und zur Minderung der CO₂-Emissionen leisten. Durch kontinuierliche Forschung und Entwicklung können die Effizienz und Kosteneffizienz dieser Technologie weiter verbessert werden, um ihre breite Anwendung zu fördern.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

2.3.2 Photovoltaik

2.3.2.1 Funktionsprinzip der Photovoltaik

Die Grundkomponente eines Photovoltaiksystems ist die Photovoltaikzelle, oft einfach als Solarzelle bezeichnet. Solarzellen bestehen aus Halbleitermaterialien, meist Silizium, die in der Lage sind, Licht in Elektrizität umzuwandeln. Die Funktionsweise einer Solarzelle basiert auf dem photovoltaischen Effekt.

2.3.2.2 Der Photovoltaische Effekt

Der photovoltaische Effekt beschreibt die Erzeugung elektrischer Spannung und Strom in einem Material, wenn es Licht ausgesetzt wird. Dies geschieht in mehreren Schritten:

1. **Absorption von Licht:**
 - Wenn Photonen (Lichtteilchen) auf die Solarzelle treffen, werden Elektronen im Halbleitermaterial angeregt und auf ein höheres Energieniveau gehoben.
2. **Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren:**
 - Diese angeregten Elektronen hinterlassen Löcher (fehlende Elektronen) in den Atomen des Halbleitermaterials. Es entstehen sogenannte Elektron-Loch-Paare.
3. **Trennung der Ladungsträger:**
 - In einer p-n-Übergangsstruktur, die aus einem p-dotierten (positiv) und einem n-dotierten (negativ) Halbleiter besteht, werden die Elektronen und Löcher getrennt. Das eingebaute elektrische Feld im p-n-Übergang sorgt dafür, dass Elektronen in Richtung des n-dotierten Bereichs und Löcher in Richtung des p-dotierten Bereichs wandern.
4. **Erzeugung von elektrischem Strom:**
 - Wenn die Solarzelle an eine externe Last angeschlossen ist, fließen die Elektronen durch den Stromkreis, was zu einem elektrischen Strom führt.

2.3.2.3 Mathematische Beschreibung

Die Leistung einer Solarzelle kann durch die Strom-Spannungs-Kennlinie (I-U-Kurve) beschrieben werden. Der erzeugte Strom I einer Solarzelle hängt von der anliegenden Spannung U und der Lichtintensität E_G ab. Die grundlegende Gleichung, die den Zusammenhang beschreibt, ist die Shockley-Gleichung für die Diode:

$$I = IL - I_0(e^{\frac{qU}{nkT}} - 1)$$

wobei:

- I der erzeugte Strom (in Ampere) ist,
- IL der Lichtstrom (in Ampere) ist, proportional zur Lichtintensität G ,
- I_0 der Sperrstrom der Diode (in Ampere) ist,
- q die Elementarladung ($1,602 \times 10^{-19}$ Coulomb) ist,
- U die Spannung (in Volt) ist,
- n der Diodenidealitätsfaktor ist,
- k die Boltzmann-Konstante ($1,381 \times 10^{-23}$ J/K) ist,
- T die absolute Temperatur (in Kelvin) ist.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

2.3.2.4 Wirkungsgrad und Leistungsberechnung

Der Wirkungsgrad η einer Solarzelle gibt an, wie viel der eingestrahlten Lichtenergie in elektrische Energie umgewandelt wird. Er wird berechnet durch:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}}$$

wobei:

- P_{max} die maximale Leistung (in Watt) ist, die die Solarzelle liefern kann,
- P_{in} die eingestrahlte Lichtleistung (in Watt) ist, die durch $P_{in} = E_G \cdot A$ gegeben ist,
- E_G die solare Einstrahlung (in Watt pro Quadratmeter) ist,
- A die Fläche der Solarzelle (in Quadratmetern) ist.

2.3.2.5 Maximale Leistungspunkt (MPP)

Der Punkt auf der I-U-Kurve, bei dem die Leistung maximal ist, wird als Maximum Power Point (MPP) bezeichnet. Die maximale Leistung P_{max} wird erreicht, wenn das Produkt aus Strom I und Spannung U maximal ist:

$$P_{max} = I_{mp} \cdot U_{mp}$$

wobei:

- I_{mp} der Strom bei maximaler Leistung ist,
- U_{mp} die Spannung bei maximaler Leistung ist.

2.3.2.6 Fazit

Photovoltaik ist eine effektive Technologie zur Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie. Durch die Nutzung des photovoltaischen Effekts in Halbleitermaterialien können Solarzellen saubere und erneuerbare Energie erzeugen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung dieser Technologie trägt zur Steigerung der Effizienz und zur Senkung der Kosten bei, was sie zu einer immer wichtigeren Komponente im globalen Energiemix macht.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

3 Elektrotechnische Grundlagen

3.1 Aufgabe zur Umrechnung von Energie und Fahrradfahren

Gegeben:

Eine Photovoltaikanlage erzeugt an einem sonnigen Tag eine Energie von 5 kWh. Ein durchschnittlicher Mensch erzeugt beim Fahrradfahren eine Leistung von 100 Watt.

Aufgabenstellung:

1. Rechne die Energie von 5 kWh in Kilojoule (kJ) um.
2. Berechne, wie lange man Fahrradfahren müsste, um dieselbe Energiemenge (5 kWh) zu erzeugen.

Lösungen:

1. Umrechnung von kWh in kJ:

Energie in Kilowattstunden (kWh) kann in Kilojoule (kJ) umgerechnet werden, indem man sie mit 3600 (die Anzahl der Sekunden in einer Stunde) multipliziert, da 1 kWh = 3600 kJ.

$$5 \text{ kWh} \times 3600 \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}} = 18000 \text{ kJ}$$

Die Energie von 5 kWh entspricht also 18000 kJ.

2. Berechnung der Fahrradfahrzeit:

Ein durchschnittlicher Mensch erzeugt beim Fahrradfahren eine Leistung von 100 Watt. Dies entspricht 100 Joule pro Sekunde (J/s).

Um die gleiche Energiemenge von 18000 kJ zu erzeugen, muss die Zeit berechnet werden:

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Energie}}{\text{Zeit}}$$

Die Leistung beträgt 100 J/s (oder 100 W), und die Energie beträgt 18000 kJ (oder 18000000 J).

$$\text{Zeit} = \frac{18000000 \text{ J}}{100 \frac{\text{J}}{\text{s}}} = 180000 \text{ Sekunden}$$

Um die Zeit in Stunden umzurechnen:

$$180000 \text{ Sekunden} \div 3600 \frac{\text{Sekunden}}{\text{Stunde}} = 50 \text{ Stunden}$$

Antwort: Um dieselbe Energiemenge von 5 kWh (18000 kJ) zu erzeugen, müsste man 50 Stunden Fahrradfahren.

4 Anwendungsformen der Photovoltaik

Photovoltaikanlagen gibt es in verschiedenen Ausführungen und Größen. Sehr kleine Solarzellen werden beispielsweise für den Betrieb von Taschenrechnern verwendet – dadurch werden Batterien, Akkus oder eine externe Stromversorgung überflüssig.

Kleinanlagen und Großanlagen (auch als Freiflächen-Photovoltaikanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen bekannt) werden zur Stromversorgung und zur Einspeisung in das Stromnetz eingesetzt. Die wichtigsten Unterschiede, Vor- und Nachteile beider Systeme werden im Folgenden erläutert.

4.1 Kleine Photovoltaic Anlagen

In der Literatur gibt es keine klare Definition für den Unterschied zwischen Groß- und Kleinanlagen. In der Regel wird zwischen Kleinanlagen unterschieden,

- Einzelsystemen für den privaten Gebrauch mit einer Leistung von 1 kWp bis 10 kWp und
- 10- bis 100-kWp-Systemen, die häufig in gewerblichen Anwendungen eingesetzt werden.

Die Photovoltaikmodule werden auf Hausdächern oder an Gebäudefassaden installiert und elektrisch miteinander verbunden. Der von den Photovoltaikmodulen erzeugte Gleichstrom wird über einen Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt und gegen eine Vergütung in das Stromnetz eingespeist oder vor Ort verbraucht, z. B. zum Betrieb von Elektrogeräten oder zum Laden eines Stromspeichers (Batterie).

Vorteile kleiner Systeme

- In der Regel nicht genehmigungspflichtig
- Autarke Stromversorgung möglich (Unabhängigkeit vom Stromnetz)

Nachteile von Kleinanlagen

- Begrenzte verfügbare Fläche auf Gebäudedächern schränkt die Anzahl der Photovoltaikmodule ein
- Verschattung auf Gebäudedächern und die Neigung von Schrägdächern verringern die Energieerzeugung

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Beispiele für Photovoltaik-Kleinanlagen finden sich auch in der kolumbianischen Hauptstadt Bogotá, wo sie zur Versorgung von Verwaltungsgebäuden mit elektrischer Energie genutzt werden.



Bild 1 Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Gebäudes in der Stadt Bogotá³

4.2 Photovoltaik Großanlagen

Photovoltaik-Großanlagen sind Anlagen mit einer Leistung von 100 kWp bis zu mehreren MWp. Die Photovoltaikmodule werden auf großen Dachflächen (z. B. Industriegebäuden) oder auf Freiflächen installiert. Zunehmend werden Freiflächenanlagen auf landwirtschaftlichen Flächen installiert.

Vorteile von Großanlagen

- Erzielung hoher Stromerträge
- Kostengünstige Beschaffung einzelner Komponenten (z. B. Wechselrichter, Photovoltaikmodule, Kabel) durch die Beschaffung größerer Mengen
- Beitrag zur Biodiversität durch die Umwandlung intensiv genutzter landwirtschaftlicher Flächen

³ Meyer Iris, 2015, Ein Eigenverbrauchssystem hoch über den Dächern von Bogotá, <https://www.ibc-blog.de/2015/10/ein-eigenverbrauchssystem-hoch-ueber-den-daechern-von-bogota/>)

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Nachteile großer Systeme

- Große Fläche für die Photovoltaikmodule erforderlich
- Höhere (Investitions-)Kosten für die Installation und Wartung der Module und Infrastruktur

Sehr große Photovoltaik-Systeme (VLS-PV) sind Systeme mit einer Leistung von 10 MWp bis zu mehreren GWp. Diese großen Solarparks werden in Regionen mit hoher jährlicher Sonneneinstrahlung gebaut, z. B. in Wüstenregionen.⁴⁵

Guayepo PV Solar Park (Parque Solar Fotovoltaico Guayepo) I & II ist ein im Bau befindlicher Photovoltaik-Solarpark in Ponedera, Atlantico, Kolumbien. Der Solarpark mit einer Leistung von 487 MWp soll 2024 in Betrieb genommen werden. Das Projekt mit einer Investitionssumme von über 290 Millionen US-Dollar erstreckt sich über eine Fläche von 1.110 Hektar (das entspricht etwa 1.585 Fußballfeldern). Es umfasst mehr als 820.600 Solarmodule, wodurch der Park schätzungsweise 1.030 GWh pro Jahr erzeugen kann. Diese Kapazität reicht aus, um über 1,46 Millionen Menschen mit Strom zu versorgen, was in etwa der Bevölkerung von Barranquilla entspricht.



Bild 2 Guayepo I & II Solar Park. Credit: Enel Green Power⁶

⁴ Gabler, Hansjörg, 2002, Photovoltaische Großanlagen – Technologie und Realisierung, https://www.fvee.de/wp-content/uploads/2022/02/th2002_04_01.pdf

⁵ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), 2023, Photovoltaik-Strategie - Handlungsfelder und Maßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Photovoltaik, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=8

⁶ A Giatsidakis, 2023, Largest Solar Park in Colombia Begins Powering the Nation, <https://www.colombiaone.com/2023/12/27/colombia-largest-solar-park/>

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

4.3 Die Photovoltaik Strategie in Deutschland

Die deutsche Bundesregierung hat beschlossen, den Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch in Deutschland von heute gut 40 % bis zum Jahr 2030 auf 80 % zu verdoppeln. Das Ziel ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) festgeschrieben. Neben dem Ausbau von Windkraft- und Biomasseanlagen ist der Ausbau der Photovoltaik ein wesentlicher Baustein.

Das EEG 2023 sieht den Ausbau der Photovoltaik auf bis zu 215 Gigawatt installierte Photovoltaikleistung im Jahr 2030 vor, was einem jährlichen Zubau von mehr als 22 Gigawatt entspricht.

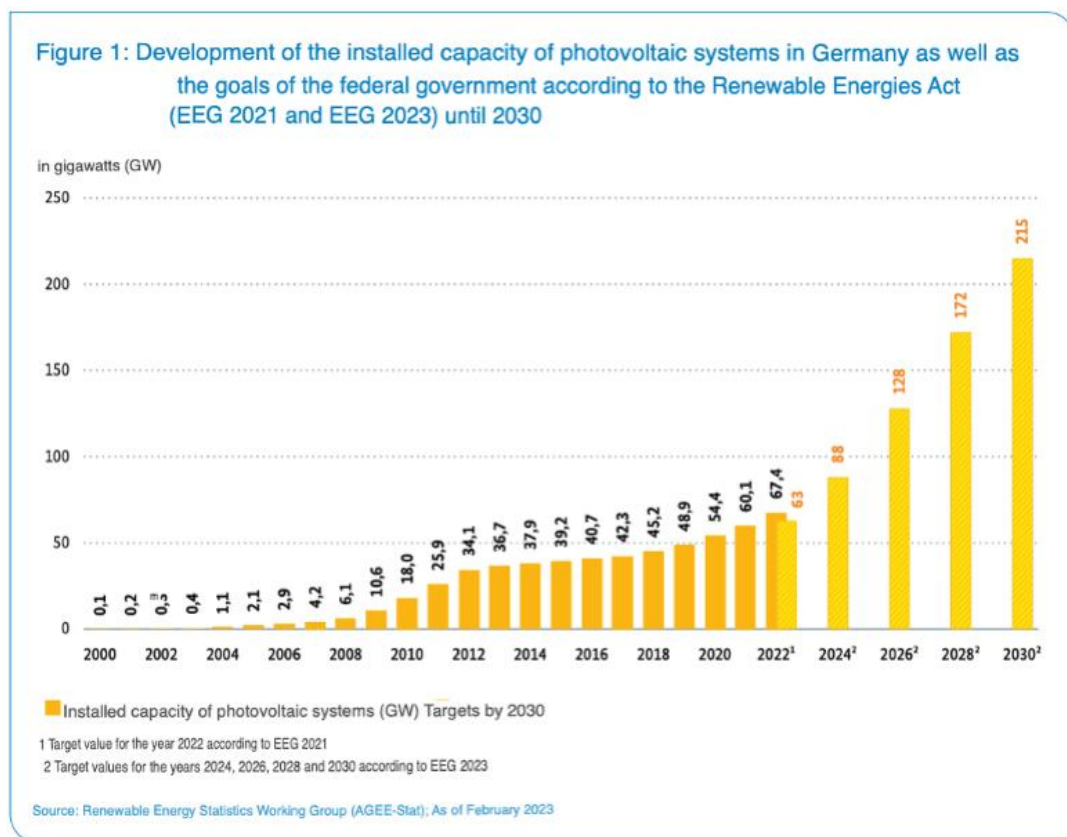


Bild 3 Installed capacity of photovoltaic systems (GW) and targets by 2030 in Germany⁷

Um dieses Ziel zu erreichen, beschreibt die Photovoltaik-Strategie der Bundesregierung drei Hauptaktionsfelder:

- **Ausbau von Freiflächenanlagen**

Die Bundesregierung verfolgt das Ziel, ab 2026 jährlich PV-Freiflächenanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 11 GW zu errichten. Die Anlagen sollen auf landwirtschaftlichen Flächen (sogenannte Agri-Photovoltaik) sowie auf versiegelten und vorbelasteten Flächen installiert werden. Auch schwimmende PV-Anlagen sollen gebaut werden. Um das Ziel des

⁷ Anu Bhambhani, 2023, Germany Invites Public Consultation For PV Strategy <https://taiyangnews.info/germany-invites-public-consultation-for-pv-strategy>

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Ausbau von Freiflächenanlagen zu erreichen, sollen unter anderem Baugenehmigungsverfahren vereinfacht und die finanzielle Beteiligung der Kommunen ausgebaut werden.

- **Förderung von Photovoltaik-Dachanlagen**

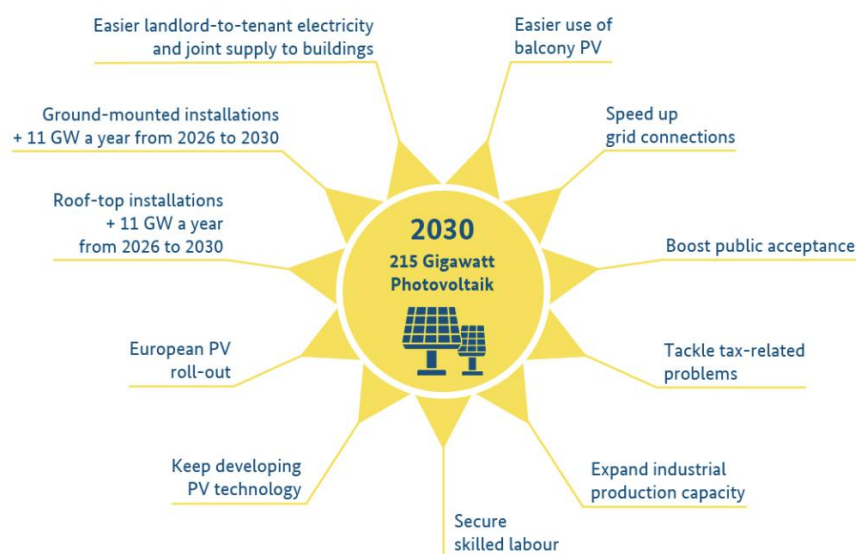
Das strategische Ziel der Bundesregierung sieht auch den Ausbau von Photovoltaik-Dachanlagen von rund 11 GW jährlich ab 2026 vor. Um den Ausbau von Photovoltaik-Dachanlagen zu fördern, sollen zwei Solarpakete auf den Weg gebracht werden. Zu den beschlossenen Maßnahmen gehören eine Vereinfachung der Direktvermarktung von durch Photovoltaik ins Netz eingespeistem Strom, ein Bürokratieabbau sowie die Optimierung der baulichen und technischen Anforderungen.

- **Sicherung der erforderlichen Fachkräfte**

Laut einer Studie des Kompetenzzentrums Fachkräftesicherung (KOFA, „Energie aus Wind und Sonne“ 3/2022) fehlen in den für die Wind- und Solarenergie relevanten Berufen bereits im Jahresdurchschnitt 2021/2022 mehr als 200.000 Fachkräfte.⁸

PV Strategy for a faster solar roll-out

Comprehensive package of measures to add 215 GW of installed PV capacity by 2030



Picture 4 Measures of the German PV Strategy⁹

⁸ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), 2023, Photovoltaik-Strategie - Handlungsfelder und Maßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der Photovoltaik, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/photovoltaik-strategie-2023.pdf?__blob=publicationFile&v=8

⁹ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023, PV strategy for a faster solar roll-out, <https://www.bmwk-energiawende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2023/05/Meldung/direkt-answers.html>

Solarprojekt

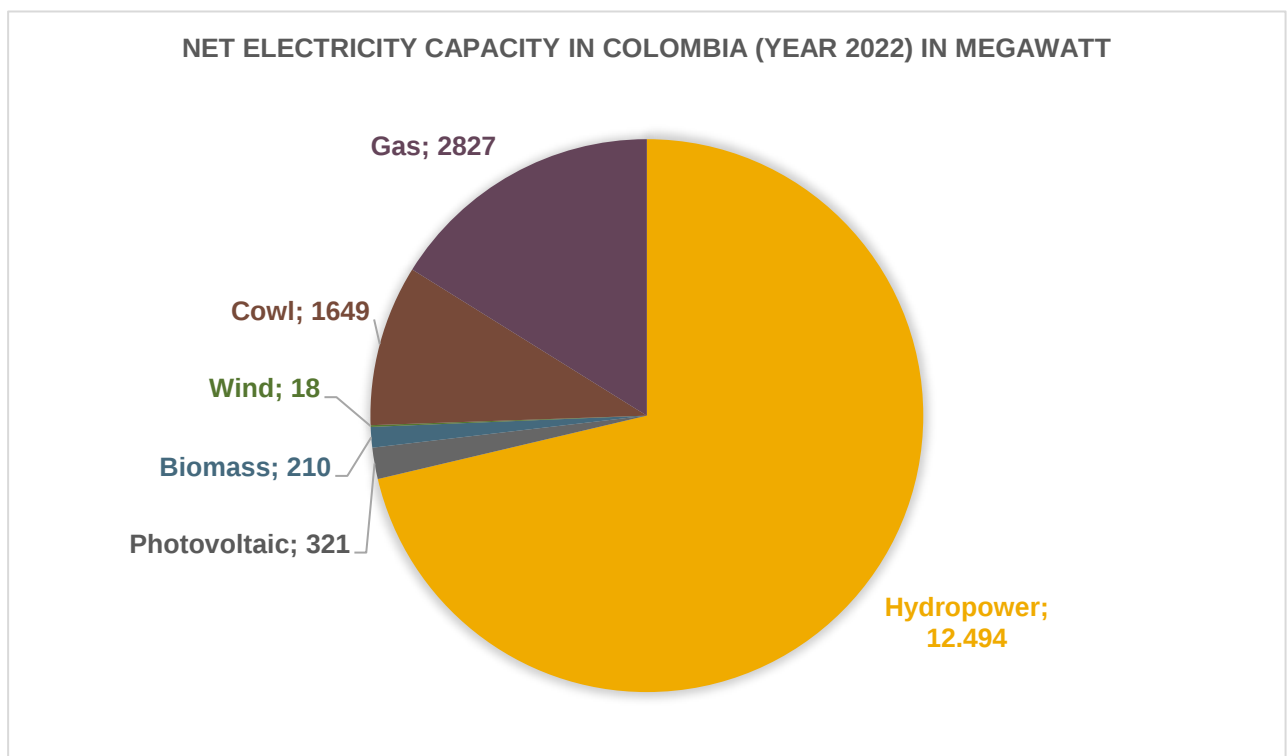
Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

4.4 Kolumbiens Politik zur Energiewende

Kolumbiens geografische Lage und natürliche Gegebenheiten machen das Land für die Nutzung erneuerbarer Energien sehr attraktiv. Das Andenland deckt bereits den Großteil seines Strombedarfs aus grünen Quellen, insbesondere aus Wasserkraft. Der Klimawandel und das Wetterphänomen El Niño könnten dazu führen, dass nicht mehr genug Wasser für die Stromerzeugung zur Verfügung steht. Nicht-konventionelle erneuerbare Energiequellen wie Wind, Solarenergie und Biomasse machten dagegen Ende 2022 nur knapp 3 Prozent der installierten Kapazität aus. Dies soll sich ändern, auch wenn sich der Ausbau zuletzt verzögert hat.

PEN 2020–2050 und PEN 2022–2052

Laut dem Entwurf des Nationalen Energieplans (PEN 2022–2052)¹⁰ könnte der Anteil erneuerbarer Energien (ohne Wasserkraft) an der Stromversorgung im besten Fall bis 2052 auf rund 70 Prozent steigen. Instrumente wie Steueranreize und öffentliche Auktionen für strategische Energiequellen sollen diese Ziele erreichen. Die Regierung unter Gustavo Petro will das Land unabhängiger von fossilen Brennstoffen machen. Neben höheren Abgaben ist auch ein Stopp neuer Explorationslizenzen geplant.



Picture 5 Net electricity capacity in Colombia 2022¹⁰

¹⁰ Upme, 2023, Actualización Plan Energetico Nacional (PEN) 2022 – 2052
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Actualizacion_PEN_2022-2052_VF.pdf

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Im aktuellen Nationalen Energieplan (PEN 2020–2050) könnte der Anteil der Wasserkraft an der Stromerzeugung in Kolumbien bis 2050 auf 36 % sinken. Im selben Jahr könnten nicht konventionelle erneuerbare Energien wie Wind- und Solarenergie dann etwa 44 % ausmachen.

Ley 1715 de 2014 (Steuervorteile für Photovoltaik) und Ley 2099 de 2021

Die Klimastrategie des Landes gilt als ehrgeizig. Davon profitiert der Solarenergiesektor. Seit der Einführung des Gesetzes 1715 von 2014 gelten Steuervorteile für Photovoltaik. Das Energiewendegesetz Ley 2099 de 2021 verdeutlichte die Ambitionen für den Ausbau der Photovoltaik. Unter anderem erklärt die kolumbianische Regierung ihre Bereitschaft, Photovoltaikanlagen auf öffentlichen Gebäuden, insbesondere in Bildungs- und Gesundheitseinrichtungen, zu fördern.¹¹

4.5 Beispiele von Photovoltaik Projekte

Transformation of LEAG (Jänschwalde, Germany)

Das Kraftwerksunternehmen LEAG, einer der größten Stromerzeuger Deutschlands, befindet sich in einem Transformationsprozess von der Nutzung fossiler Energie hin zu klimafreundlicher erneuerbarer Energie. Am Standort in der Lausitz entsteht auf dem ehemaligen Tagebau Jänschwalde, wo jahrzehntelang Braunkohle gefördert wurde, die Gigawatt-Fabrik – der bisher größte Wind- und Solarpark Deutschlands. Bis 2030 soll der Energiepark bis zu 7 GW erneuerbare Stromkapazität erzeugen. Neben Windenergieanlagen werden in regelmäßigen Abständen mehrere Solarparks geplant, gebaut und in Betrieb genommen.

Eine der größten bisher geplanten Freiflächen-Photovoltaikanlagen ist der Energiepark Bohrau. Auf einer Fläche von rund 400 Hektar wird er in mehreren Abschnitten auf landwirtschaftlicher Rekultivierungsfläche des Tagebaus Jänschwalde errichtet. Insgesamt soll die Gesamtleistung des Solarparks 400 MW betragen.

¹¹ upme, 2023, Actualización Plan Energetico Nacional (PEN) 2022 – 2052
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Actualizacion_PEN_2022-2052_VF.pdf

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik



Picture 6 LEAG Gigawatt Factory in Lusatia¹²

Schwimmende Solaranlage (Córdoba, Kolumbien)

Im Jahr 2023 wurde eine große schwimmende Solaranlage auf dem Stausee des kolumbianischen Urrá-Staudamms in Betrieb genommen. Das schwimmende Solarprojekt „Aguasol“ wurde am 340-MW-Wasserkraftwerk Urrá im Sinú-Flussbecken in Córdoba im Nordwesten Kolumbiens installiert. Mit einem Rückhaltevermögen von 1,6 Milliarden Kubikmetern Wasser ist der Urrá-Staudamm einer der größten in Kolumbien. Die Solaranlage besteht aus mehr als 2800 Solarmodulen mit einer Gesamtfläche von 1,7 Hektar und erreicht eine Leistung von 1,5 MWp. Damit ist sie die größte schwimmende Solaranlage in Südamerika. Ziel des Projekts „Aguasol“ ist es zu zeigen, dass Staudämme mit schwimmenden Solaranlagen kombiniert werden können, um schwankende Wasserstände zu bewältigen, die Stromproduktion zu erhöhen und damit die Energieversorgungssicherheit zu verbessern. Im ersten Jahr soll die Solaranlage etwa 2400 MWh Strom produzieren, was für den Betrieb des Wasserkraftwerks ausreicht. Darüber hinaus wird prognostiziert, dass die Solaranlage jährlich mehr als 1540 Tonnen Kohlendioxid-Emissionen vermeiden kann.

¹² LEAG, 2024, Pressemitteilung, <https://www.leag.de/de/news/details/leag-und-projektentwickler-epne-treiben-energielwende-voran-und-bringen-gruenstrom-grossprojekte-auf-di/>

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik



Picture 7 floating solar power system „Aguasol“ in Córdoba, Colombia¹³

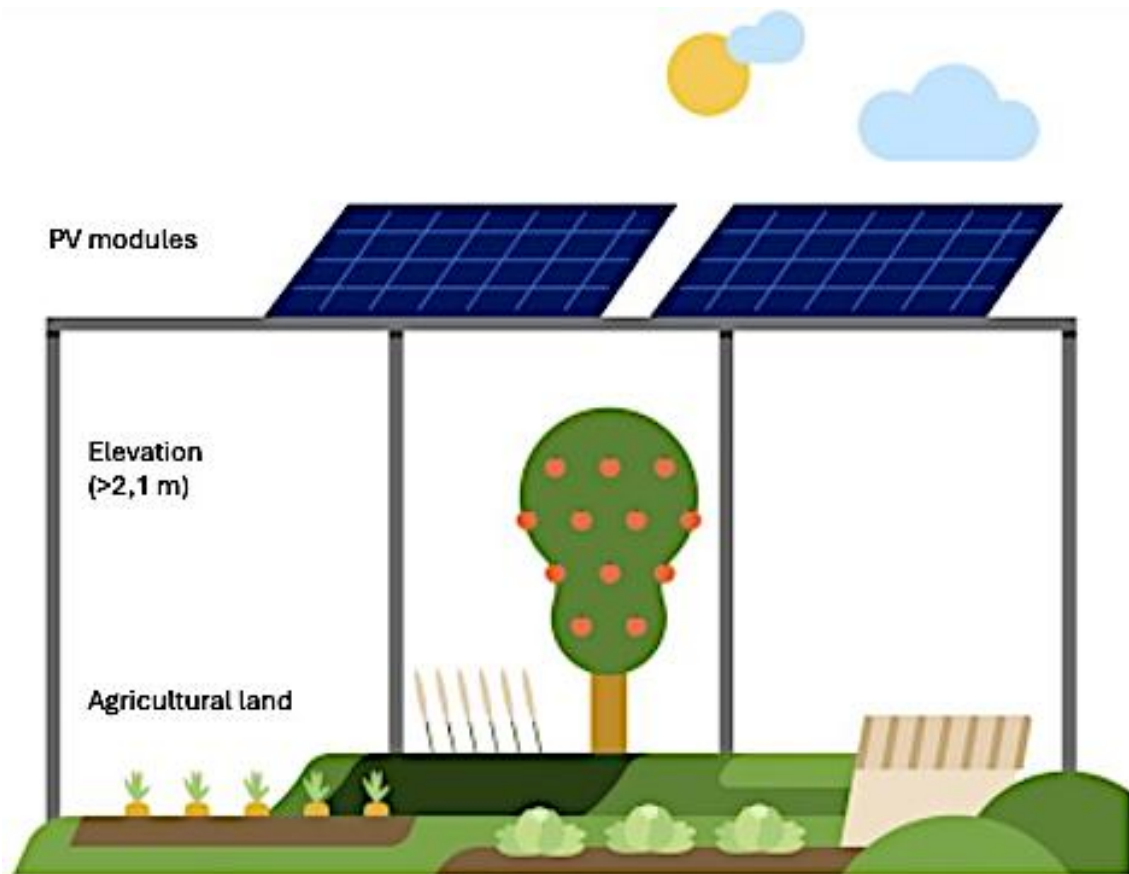
¹³ Noria, Projects, <https://noriaenergy.com/portfolio/>

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

4.6 Agri Photovoltaik

Ein großer Nachteil von Photovoltaikanlagen ist ihr hoher Flächenbedarf. Um ökologische, politische, wirtschaftliche oder soziale Konflikte zu vermeiden, können Technologien eingesetzt werden, die eine gleichzeitige Nutzung von Flächen, z. B. für die Landwirtschaft und die Stromerzeugung, ermöglichen. Sogenannte Agri-Photovoltaik-Anlagen werden sowohl als geschlossene Systeme als auch als offene Systeme (als Photovoltaik-Gewächshäuser) eingesetzt.



Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme

Picture 8 Agri-PV system – how it works¹⁴

Offene Agri-PV-Systeme können in verschiedenen Formen eingesetzt werden.

4.6.1 Aufgeständerte Photovoltaik-Anlagen

Oft werden aufgeständerte PV-Anlagen verwendet, bei denen die Solarmodule in einer Höhe von mehreren Metern über dem Boden montiert werden - häufig über 2 Meter - um den Einsatz von landwirtschaftlichen Maschinen und den Anbau von Pflanzen darunter zu ermöglichen.

¹⁴ EnBW, 2024, Apfel oder Strom? Mit Agri-PV geht beides! <https://www.enbw.com/unternehmen/eco-journal/agri-photovoltaik-loest-gleich-zwei-probleme.html>

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

4.6.2 Vertikale PV Systeme

Eine Alternative dazu sind vertikale PV-Anlagen. Im Gegensatz zu aufgeständerten PV-Anlagen werden die Solarmodule vertikal, oft in Reihen, montiert. Zwischen den Modulen werden Pflanzen angebaut.

Auch PV-Anlagen auf Gewächshäusern sowie integrierte PV-Anlagen, z. B. in Zäunen oder Ställen, ermöglichen die Stromerzeugung ohne Einfluss auf die Landwirtschaft.

4.6.3 Vorteile Agri-photovoltaik Systeme

1. **Doppelte Nutzung von Land:**

Agri-PV-Systeme maximieren die Effizienz der Landnutzung, indem sie es ermöglichen, auf derselben Fläche sowohl Lebensmittel als auch Energie zu produzieren.

2. **Ertragssteigerung:**

In einigen Fällen kann eine teilweise Beschattung durch die PV-Module den Pflanzenanbau positiv beeinflussen, indem sie extreme Temperaturen und direkte Sonneneinstrahlung mildert, was zu besseren Wachstumsbedingungen führen kann.

3. **Klimaschutz:**

Durch die Erzeugung erneuerbarer Energie tragen Agri-PV-Systeme zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen bei und unterstützen die Energiewende hin zu nachhaltigeren Energiequellen.

4. **Wirtschaftliche Vorteile:**

Landwirte können von der zusätzlichen Einnahmequelle aus der Stromerzeugung wirtschaftlich profitieren. Dies kann besonders in Regionen mit schwankenden landwirtschaftlichen Erträgen von Vorteil sein.

5. **Vielfältige Einsatzmöglichkeiten:**

Agri-PV-Systeme können in verschiedenen Formen eingesetzt werden, z. B. als hochgelegene PV-Module über Ackerland, als vertikale PV-Module in Reihen oder als flexible PV-Folien auf Gewächshäusern.

6. **Wassereinsparung:**

Durch die Beschattung der PV-Module kann der Wasserbedarf der Pflanzen reduziert werden, was besonders in trockenen Regionen von Vorteil ist.

Insgesamt bieten Agrar-Photovoltaik-Systeme eine innovative Möglichkeiten, um Nahrungsmittelproduktion und nachhaltige Energieerzeugung zu kombinieren, was zu einer effizienteren Ressourcennutzung und zum Klimaschutz beitragen kann.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

4.6.4 Beispiele von Agri-Photovoltaik Systemen

Unergy ist ein Start-up-Unternehmen mit Sitz in Medellín, das sich auf die Finanzierung von Projekten im Bereich erneuerbare Energien spezialisiert hat. Ein wichtiges Projekt von Unergy ist der Bau und die Finanzierung von Solar-Minifarmen in Regionen mit einer Sonneneinstrahlung von mehr als 1.800 kWh/kWp und einer Neigung von weniger als 10 Grad.

Zu den Zielgebieten gehören Gebiete in der Nähe der Atlantikküste, der Karibik, der nördlichen Territorien und der niedrigen Täler der Andenregion.

Bei Agri-Photovoltaik-Projekten werden durch Photovoltaik-Module nicht nur Strom erzeugt, sondern auch landwirtschaftliche Aktivitäten unterstützt, die eine moderate Sonneneinstrahlung erfordern, wie z. B. der Anbau von hochproduktiven Kürbisgewächsen und die Haltung von Kleinvieh. Außerdem wird die für die Bewässerung benötigte Wassermenge reduziert, was die Umweltaspekte weiter verbessert und die Kosten für landwirtschaftliche Ressourcen senkt.



Picture 9 Agri PV system by Unergy¹⁵

¹⁵ 2024, Unergy setzt erste kleine Agri-PV-Projekte in Lateinamerika um, <https://www.erneuerbareenergien.de/technologie/solar/unergy-setzt-erste-kleine-agri-pv-projekte-lateinamerika-um>

5 Exkurs Speicher Technologien

5.1 Einleitung

Photovoltaikanlagen produzieren nur dann Strom, wenn die Sonne scheint. Damit der erzeugte Strom auch zu dunklen Stunden genutzt werden kann, wenn die Sonne nicht scheint, muss er gespeichert werden. Im Folgenden wird die Integration eines Energiespeichersystems für Strom aus Photovoltaikanlagen beschrieben und es werden derzeit auf dem Markt erhältliche Speichersysteme vorgestellt.

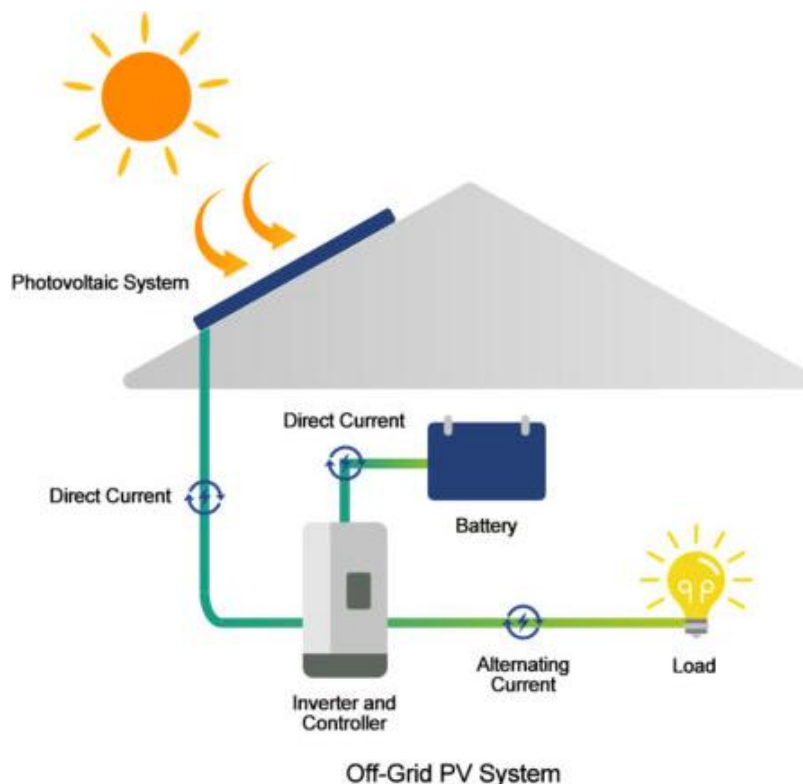
5.2 Netzunabhängige Systeme

Der von einer Photovoltaikanlage erzeugte Strom kann direkt vom Haushalt verbraucht oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden (netzgekoppelte Anlage). Für die Einspeisung von Strom in das Netz erhält der Betreiber der Photovoltaikanlage in Deutschland eine Vergütung aus dem „Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien (EEG)“.

Soll der Strom selbst genutzt und nicht in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden, ist eine sogenannte Inselanlage erforderlich. Inselanlagen sind Energieversorgungssysteme, die unabhängig vom öffentlichen Stromnetz funktionieren. Sie erzeugen, speichern und verwalten Strom lokal, ohne auf eine zentrale Stromversorgung angewiesen zu sein. Inselanlagen werden häufig in abgelegenen Gebieten eingesetzt, in denen der Anschluss an das Stromnetz schwierig oder teuer ist, oder in Notfallsituationen, um eine autarke Energieversorgung zu gewährleisten.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik



Picture 10 the components of an off-grid PV system¹⁶

Ein netzunabhängiges Energiesystem zur Nutzung von Strom aus einer Photovoltaikanlage besteht aus:

- **Energieerzeuger**, die Solarmodule der Photovoltaikanlage
- **Speicher**, die überschüssige Energie speichern und zu Zeiten genutzt werden können, in denen die Sonne nicht scheint
- **Wechselrichter**, die den von den Solarmodulen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom umwandeln, der für die meisten Haushaltsgeräte benötigt wird
- **Laderegler**, die den Stromfluss zwischen den Solarzellen und den Speichersystemen regeln, um eine Überladung oder Tiefentladung des Speichersystems zu verhindern

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Speichersystem in das Energiesystem zu integrieren. Da Solarstromspeicher mit Gleichstrom geladen und entladen werden, kann das Speichersystem zusammen mit der PV-Anlage, die ebenfalls Gleichstrom erzeugt, als DC-Kopplung vor dem Wechselrichter installiert werden. Ein großer Vorteil von DC-Systemen sind die geringeren Umwandlungsverluste.

Alternativ können Solarstromspeicher als AC-Kopplung mit eigenem Wechselrichter in den Wechselstromkreis installiert werden. Dies erleichtert die Nachrüstung bestehender Energiesysteme.

¹⁶ Maysun solar, 2022, <https://www.maysunsolar.de/blog/inselanlage-netzgekoppelt-pvanlage>

5.3 Speicherlösungen – im Vergleich

Es gibt eine Vielzahl von Technologien zur Speicherung von Strom aus Photovoltaikanlagen, die je nach Anwendungsfall, Skalierbarkeit, Effizienz und Kosten unterschiedliche Vorteile bieten. Die wichtigsten Speichertechnologien für PV-Strom sind:

Lithium Ionen Battery

Am häufigsten werden Lithium-Ionen-Batterien zur Speicherung verwendet. Diese bieten eine hohe Energiedichte und eine lange Lebensdauer. In Lithium-Ionen-Batterien enthält die positive Elektrode entweder Übergangsmetalloxide wie Lithium-Kobalt-Oxid (LCO), Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid (LNCA), Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid (LNMC) oder Lithium-Mangan-Oxid (LMO) als aktive Materialien oder Übergangsmetallphosphate wie Lithium-Eisen-Phosphat (LFP).

Ein großer Nachteil von Lithium-Ionen-Batterien ist die Gefahr der Überhitzung und damit die Brandgefahr.

Blei-Säure-Batterien

Bei Blei-Säure-Batterien bestehen sowohl die negative als auch die positive Elektrode aus Blei oder einer Bleilegierung. Der Elektrolyt ist Schwefelsäure, die an der Zellreaktion beteiligt ist. Im geladenen Zustand besteht die positive Elektrode aus Bleidioxid (PbO_2) und die negative Elektrode aus Blei (Pb). Zusammen mit der Schwefelsäure bildet sich beim Entladen an beiden Elektroden Bleisulfat (PbSO_4), das beim Laden wieder in Bleidioxid oder Blei umgewandelt wird.

Blei-Säure-Batterien sind kostengünstig, haben aber eine kürzere Lebensdauer und eine geringere Energiedichte als Lithium-Ionen-Batterien.

Salzwasserbatterien

Die Nutzung von Salzwasserbatterien zur Stromspeicherung ist noch nicht weit verbreitet. Ein Vorteil gegenüber anderen Speichersystemen ist die Verwendung umweltfreundlicher Materialien. Der in Salzwasserbatterien verwendete Elektrolyt ist in der Regel eine Natrium-Ionen-Lösung, in der Regel eine wässrige Natriumchlorid (NaCl)-Lösung. NaCl ist als Kochsalz bekannt und leicht verfügbar. Der Nachteil ist jedoch die geringe Energiedichte und Leistung, die ein größeres Speichersystem als Lithium-Ionen-Batterien erfordert.

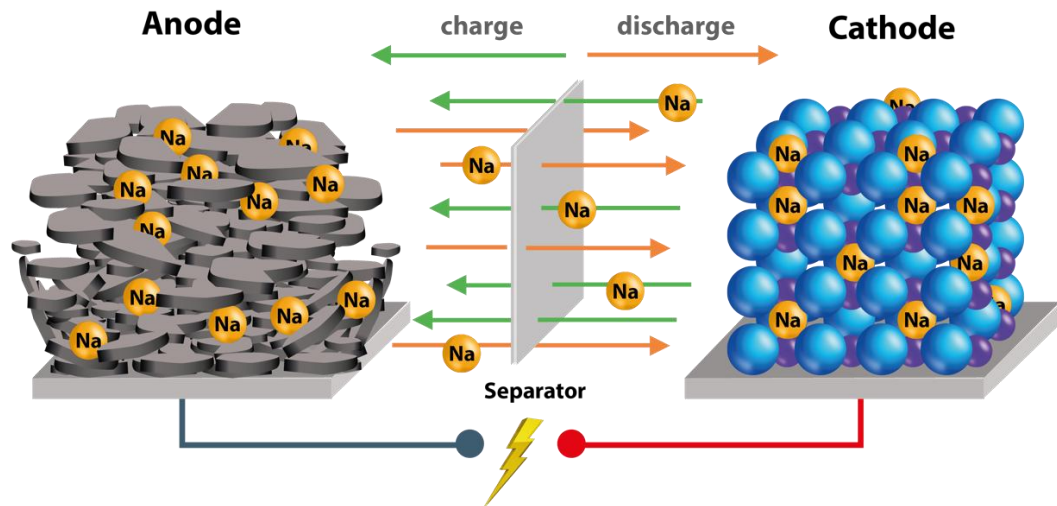
Natrium-Ionen-Batterien

Natrium-Ionen-Batterien funktionieren ähnlich wie Lithium-Ionen-Batterien, verwenden jedoch Natrium-Ionen (Na^+) anstelle von Lithium-Ionen (Li^+) als Ladungsträger. Diese Ionen bewegen sich während des Lade- und Entladevorgangs zwischen einer Anode und einer Kathode. Natrium-Ionen-Batterien sind wie Salzwasserbatterien umweltfreundlicher als beispielsweise Lithium-Ionen-

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Batterien. Beim derzeitigen Entwicklungsstand sind jedoch auch die Energiedichte und Leistung dieser Technologie geringer.



Picture 11 How a sodium-ion battery works¹⁷

Redox Flow Speicher

Bei dieser Art von Speicher wird eine Flüssigkeit verwendet, die Elektronen speichert. Ein Redox-Flow-Speichersystem besteht aus zwei separaten Tanks, die mit Elektrolytflüssigkeit gefüllt sind, dem Stack und den Pumpen. Der Stack besteht aus mehreren galvanischen Zellen. Wenn Strom gespeichert wird, fließen die Flüssigkeiten und es findet eine chemische Reaktion statt. Bei Bedarf wird die Reaktion umgekehrt, um Strom freizusetzen. Der Vorteil Vanadium-Lösungen werden am häufigsten in Redox-Flow-Speichersystemen verwendet. Der Aufbau eines Redox-Flow-Speichersystems mit Tanksystemen, Pumpen und Rohren ist sehr komplex und wird daher eher in Unternehmen und weniger im privaten Bereich eingesetzt.

Hydrogen

Wasserstoff kann auch zur Speicherung von Elektrizität verwendet werden. Überschüssige Elektrizität wird genutzt, um Wasser durch Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten. Der Wasserstoff kann dann gespeichert und später in einer Brennstoffzelle zur Stromerzeugung genutzt werden. Aufgrund seiner geringen Gesamteffizienz (Elektrolyse, Speicherung und Rückumwandlung) eignet sich Wasserstoff heute eher für langfristige und groß angelegte Speicherlösungen.

¹⁷ Daniel, C.; Besenhard, J.O. Handbook of Battery Materials; John Wiley & Sons: Weinheim, Germany, 2012

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Kosten der Speichertechnologien

- **Lithium-Ionen-Batterien:** Diese Technologie ist derzeit am weitesten verbreitet und hat in den letzten Jahren deutlich an Preis-Leistungs-Verhältnis gewonnen. Die Kosten liegen je nach System und Hersteller bei etwa 800 bis 1.200 EUR pro kWh Speicherkapazität.
- **Blei-Säure-Batterien:** Sie sind die günstigste Lösung in Bezug auf die Anschaffungskosten, mit Preisen zwischen etwa 200 und 500 EUR pro kWh. Aufgrund ihrer kürzeren Lebensdauer und geringeren Effizienz sind sie jedoch langfristig teurer.
- **Redox-Flow-Batterien:** Diese Speichersysteme sind derzeit noch teurer und liegen im Bereich von etwa 1.500 bis 3.000 EUR pro kWh Speicherkapazität, da sie hauptsächlich in Großprojekten eingesetzt werden. Sie können jedoch für stationäre und langfristige Anwendungen wirtschaftlich sein.
- **Salzwasserbatterien:** Diese Batterien liegen preislich zwischen Blei-Säure- und Lithium-Ionen-Batterien, mit Kosten zwischen etwa 500 und 1.500 Euro pro kWh. Ihre Umweltfreundlichkeit und Langlebigkeit bieten jedoch Vorteile, die sich langfristig auszahlen können.
- **Natrium-Ionen-Batterien:** Diese Technologie befindet sich noch in der Entwicklung, aber es wird erwartet, dass sie kostengünstiger sein könnte als Lithium-Ionen-Batterien, sobald sie kommerziell verfügbar ist.

Hinzu kommen Kosten für die Installation und Wartung der Speicher- und Energiesysteme, die je nach Energiesystem und eingesetzter Speichertechnologie unterschiedlich hoch ausfallen.¹⁸

¹⁸ Graulich, Hilbert, Heinemann, 2018, Einsatz und Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Batteriespeichern in Kombination mit Stromsparen, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/PV-Batteriespeicher-ETT-Information.pdf>

6 Kurzaufbau von Planung bis Inbetriebsetzung einer PV-Anlage

In diesem Kapitel, wird kurz und übersichtlich dargestellt, welche Schritte abgearbeitet werden müssen, um eine Photovoltaikanlage von der Planung bis zur Inbetriebnahme zu bringen. Die Ausführung soll einen Überblick geben und kann als Checkliste genutzt werden. In der konkreten Umsetzung müssen die Themenfelder in Abhängigkeit der aktuellen Situation vor Ort weiter detailliert werden. Im Rahmen des Photovoltaikprojekts an der Schule Colegio Fervan ist dies ein entscheidender Teil für die angestrebte Zertifizierung – die Schüler und Schülerinnen sollen den Ablauf einmal in der Praxis durchgespielt haben.

6.1 Planung und Genehmigung

- **Bedarfsermittlung:** Ermitteln, wie viel Strom das Haus benötigt, um die Größe der PV-Anlage festzulegen.
- **Dachprüfung:** Überprüfung der Statik des Dachs, um sicherzustellen, dass es das Gewicht der Solarmodule tragen kann.
- **Ausrichtung und Neigung:** Die Ausrichtung und Neigung des Dachs wird geprüft, um sicherzustellen, dass die Solarmodule optimalen Sonnenlichteinfall erhalten.
- **Genehmigungen:** Einholen notwendiger Genehmigungen bei örtlichen Behörden, Energieversorgern oder Netzbetreibern.

6.2 Auswahl der Komponenten

- **Solarmodule:** Auswahl der Solarmodule basierend auf Leistung, Effizienz und Dachgröße.
- **Wechselrichter:** Der Wechselrichter wird basierend auf der Modulleistung und dem Einspeisebedarf ausgewählt. Er wandelt den von den Solarmodulen erzeugten Gleichstrom (DC) in Wechselstrom (AC) um, der im Hausnetz verwendet werden kann.
- **Montagesystem:** Auswahl eines Montagesystems, das zur Dachstruktur und den Modulen passt.

6.3 Installation der Unterkonstruktion

- **Montage der Halterungen:** Auf dem Dach wird eine spezielle Unterkonstruktion installiert, die die Solarmodule hält. Die Halterungen werden direkt am Dach befestigt, entweder auf Dachpfannen, Metallschienen oder -haken.
- **Dachdurchdringungen:** Bei Bedarf werden kleine Öffnungen im Dach erstellt, um Kabel durch das Dach zu führen. Diese werden sorgfältig abgedichtet, um Undichtigkeiten zu vermeiden.

6.4 Montage der Solarmodule

- **Anbringung der Module:** Die Solarmodule werden sicher auf der Unterkonstruktion montiert und an den vorgesehenen Positionen befestigt.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

- **Elektrische Verbindung:** Die Module werden miteinander verdrahtet, sodass der Strom durch die Verkabelung fließt und zum Wechselrichter gelangt.

6.5 Installation des Wechselrichters

- **Wechselrichterstandort:** Der Wechselrichter wird in der Nähe der Solarmodule oder im Keller/Technikraum montiert, wo er leicht zugänglich ist.
- **Verkabelung:** Die Kabel, die den Strom von den Modulen führen, werden an den Wechselrichter angeschlossen. Dieser wandelt den erzeugten Gleichstrom in nutzbaren Wechselstrom um.

6.6 Anschluss an das Stromnetz

- **Zähleranschluss:** Ein Zweirichtungszähler wird installiert, um den ins Netz eingespeisten und den vom Netz bezogenen Strom zu messen. So wird der Eigenverbrauch und die Einspeisung von überschüssigem Strom ins Netz dokumentiert.
- **Netzanschluss:** Die Anlage wird an das Hausnetz und an das öffentliche Stromnetz angeschlossen.

6.7 Systemprüfung und Inbetriebnahme

- **Testlauf:** Die gesamte Anlage wird geprüft, um sicherzustellen, dass alle Komponenten korrekt funktionieren und der Stromfluss wie gewünscht verläuft.
- **Inbetriebnahme:** Nach erfolgreicher Prüfung wird die Anlage offiziell in Betrieb genommen.

6.8 Wartung und Überwachung

- **Regelmäßige Inspektionen:** Um die Effizienz aufrechtzuerhalten, sollten die Solarmodule und der Wechselrichter regelmäßig überprüft werden. Bei größeren Anlagen lohnt sich der Einsatz von Drohnen.
- **Monitoring-Systeme:** Oft wird ein Überwachungssystem installiert, um die Leistung der PV-Anlage zu kontrollieren und auf etwaige Störungen frühzeitig aufmerksam zu werden.

Diese Schritte sorgen für die sichere und effiziente Installation einer Photovoltaikanlage, die über viele Jahre hinweg umweltfreundlichen Strom produziert und keine weitere Rechnung zum Energieverbrauch schickt..

7 Planung einer Photovoltaik-Anlage

7.1 Standortanalyse

Die Standortanalyse ist ein wichtiger und der erste Schritt bei der Planung von Photovoltaikanlagen, um die langfristige Rentabilität und Effizienz der Anlage sicherzustellen. Sie dient dazu, die bestmöglichen Bedingungen für die Stromproduktion aus Sonnenenergie zu ermitteln, indem verschiedene Faktoren des Standorts bewertet werden. Eine sorgfältige Analyse hilft, Risiken zu minimieren und die Energieproduktion zu maximieren.

Wichtige Punkte bei der Standortanalyse für Photovoltaik:

Sonneneinstrahlung:

- Durchschnittliche Sonnenscheindauer und Sonnenstunden.
- Neigung und Ausrichtung der Fläche für maximale Sonneneinstrahlung.

Verschattung:

- Mögliche Abschattungen durch Gebäude, Bäume oder andere Hindernisse.
- Jahreszeitliche Veränderungen der Verschattung.

Flächenverfügbarkeit:

- Größe und Art der zur Verfügung stehenden Fläche (Dach, Freifläche).
- Tragfähigkeit der Dachkonstruktion (bei Dachanlagen).

Netzanbindung:

- Entfernung und Kapazität der Anbindung an das Stromnetz.
- Verfügbarkeit und Kapazität von Speichermöglichkeiten (optional).

Klimabedingungen:

- Einfluss von Temperatur, Wind und Regen auf die Effizienz der Module.
- Risiko von extremen Wetterereignissen wie Stürmen oder Hagel.

Rechtliche Rahmenbedingungen:

- Zonenplanung und Bauvorschriften.
- Genehmigungsverfahren und mögliche Förderungen.

Wirtschaftliche Faktoren:

- Einspeisetarife und Strompreise.
- Kosten für Installation, Wartung und Anschluss an das Netz.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Zugänglichkeit und Infrastruktur:

- Erreichbarkeit für den Transport von Modulen und Wartung.
- Lokale Infrastruktur für Stromversorgung und Wartung.

7.2 Maße nehmen

Ist der Standort der Anlage gewählt, dann muss die zur Verfügung stehende Fläche ermittelt werden. Die Kenntnis der genauen Maße der zu belegende Fläche ist entscheidend für eine effiziente Planung einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage). Es beeinflusst die Anzahl wie viele Solarmodule installiert werden können und somit die maximale Stromerzeugung. Es lässt sich damit auch die Anzahl der Module bestimmen, welche gekauft werden müssen.

Es gibt verschiedene Methoden, um die Fläche zu ermitteln, die relevantesten sind im Folgenden aufgeführt und kurz beschrieben.

Manuelle Vermessung

- **Werkzeuge:** Maßband, Laserentfernungsmesser, Wasserwaage.
- **Durchführung:** Manuelles Ausmessen der Länge und Breite des Dachs oder der Freifläche, um die verfügbaren Quadratmeter zu ermitteln.
- **Einsatzbereich:** Häufig bei kleineren Installationen (Dachanlagen). Einfach und kostengünstig, aber zeitaufwendig.

Photogrammetrie

- **Methode:** Mithilfe von Drohnen oder speziellen Kameras werden Luftbilder des Dachs oder der Fläche gemacht. Diese Bilder werden anschließend in ein digitales 3D-Modell umgewandelt, das genaue Flächenangaben liefert.
- **Einsatzbereich:** Besonders nützlich für größere Flächen oder komplexe Dachstrukturen.
- **Vorteile:** Schnelle und genaue Ergebnisse. Ideal für schwer zugängliche Bereiche.

Satelliten- und GIS-Daten

- **Methode:** Nutzung von Satellitenbildern und geografischen Informationssystemen (GIS), um die Maße der zu belegende Fläche zu berechnen. Es kann eine genaue Kartierung des Standorts erstellt werden.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

- **Einsatzbereich:** Für große Projekte oder bei Freiflächen-PV-Anlagen, die eine großflächige Analyse benötigen.
- **Vorteile:** Kosteneffizient und präzise bei großen Entfernungen. Ermöglicht die Berücksichtigung topografischer Daten.

Architektonische Pläne

- **Methode:** Nutzung vorhandener Baupläne oder CAD-Daten, um die Maße des Dachs oder der Fläche zu berechnen.
- **Einsatzbereich:** Wenn genaue Pläne des Gebäudes oder der Fläche vorliegen, ist dies eine einfache und genaue Methode.
- **Vorteile:** Kein zusätzliches Vermessungswerkzeug erforderlich, wenn die Pläne aktuell sind.

7.3 Bestimmung des Energiebedarfs

Es ist wichtig, den Energiebedarf bei der Planung einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) zu kennen, weil dies die Grundlage für eine effiziente und wirtschaftlich sinnvolle Auslegung der Anlage bildet. Hier sind die Punkte aufgeführt, welche von Interesse sind:

- **Analyse des aktuellen Stromverbrauchs:** Stromverbrauchsdaten (kWh) aus den letzten 12 Monaten ermitteln (z. B. über Stromrechnungen).
- **Zukünftiger Bedarf:** Berücksichtigung potenzieller Änderungen im Stromverbrauch, wie z. B. die Einführung von E-Mobilität oder neuen Haushaltsgeräten.
- **Lastprofil erstellen:** Wie verteilt sich der Stromverbrauch über den Tag? Ein hoher Eigenverbrauch tagsüber macht die PV-Anlage effizienter.

Ziel: Die Anlage sollte so ausgelegt sein, dass sie den Strombedarf entweder vollständig deckt oder zumindest einen Großteil des Stroms durch Eigenverbrauch abdeckt.

7.4 Dimensionierung der Photovoltaikanlage

Die Dimensionierung einer PV-Anlage ist der nächste Schritt, nachdem der mögliche Ertrag und der Energiebedarf ermittelt worden sind. Hierbei wird anhand der in den vorherigen Schritten ermittelten Parameter festgelegt, wie groß die Anlage werden soll. In Kolumbien kann eine PV-Anlage etwa 1400 – 1800kWh pro kWp installierter Leistung jährlich erzeugen. Die Dimensionierung sollte so erfolgen, dass der Energiebedarf und die Flächenvorgaben optimal abgedeckt werden.

7.5 Auswahl der technischen Komponenten

Nachdem die Anlage dimensioniert ist, können die entsprechenden Komponenten ausgewählt werden. Die wichtigsten Komponenten, auf welche sich nach der Dimensionierung festgelegt werden kann, werden im Folgenden aufgeführt. Das Ziel ist hierbei die Auswahl von Komponenten, die den Anforderungen der Anlage gerecht werden und gleichzeitig die Verluste minimieren.

- **PV-Module:** Die PV-Module sind die Grundlage für die Auslegung der anderen benötigten Komponenten. Module gibt es in unterschiedlichen Maßen und Leistungsklassen.
- **Wechselrichter:** Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom (DC) der Solarmodule in nutzbaren Wechselstrom (AC) um. Er muss zur Anlagengröße und den Modulen passen. Die maximale Wechselrichterleistung sollte etwa 90–100 % der PV-Anlage betragen. Ein Wechselrichter mit mehreren MPP-Trackern optimiert die Energieerzeugung, insbesondere bei Anlagen mit unterschiedlich ausgerichteten Modulfeldern.
- **Kabeldimensionierung:** Die Kabel sollten korrekt dimensioniert sein, um Leistungsverluste zu minimieren. Querschnitt und Länge der Kabel sind wichtige Faktoren. Größere Querschnitte verringern Verluste.
- **Unterkonstruktion:** Die Unterkonstruktion einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage) ist ein entscheidendes Bauelement, das die Solarmodule trägt und ihre Stabilität gewährleistet. Sie beeinflusst die Langlebigkeit, Effizienz und Sicherheit der Anlage. Die Größe der Unterkonstruktion sollte auf die Anzahl der PV-Module abgestimmt sein.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

- **Schutzeinrichtungen:** Die Schutzeinrichtungen sind dafür da die elektrischen Komponenten zu schützen. Bei der Auswahl dieser sollte auch die Anlagengröße berücksichtigt werden.
- **Speichersystem** (optional): Falls ein Batteriespeicher geplant ist, muss dessen Kapazität auf den Eigenverbrauch abgestimmt sein. Typische Batteriekapazitäten liegen bei 5–15 kWh.

Es sollte eine Materialliste erstellt werden mit allen benötigten Materialien. Diese ist neben der Übersichtlichkeit für eine vollständigen Planung auch wichtig, um eine aussagekräftige Wirtschaftlichkeitsanalyse durchzuführen.

7.6 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse dient dazu, die Rentabilität der PV-Anlage zu bewerten, indem die Investitionskosten, die erwarteten Erträge und die Amortisationszeit ermittelt werden. Sie hilft, zu entscheiden, ob und wann sich die Anlage finanziell lohnt. Im Folgenden sind die wichtigsten Aspekte einer Wirtschaftlichkeitsanalyse aufgeführt.

- **Investitionskosten:** Kosten für Module, Wechselrichter, Unterkonstruktion, Bauteile, Installation und eventuelle Stromspeicher.
- **Ertrag:** Jährlich erzeugte kWh basierend auf Standort und Anlagenleistung.
- **Einspeisevergütung und Strompreis:** Vergütung für eingespeisten Strom vs. Einsparung durch Eigenverbrauch.
- **Amortisationszeit:** Zeitraum, in dem die Investition durch Erträge und Einsparungen gedeckt wird.
- **Wartungs- und Betriebskosten:** Langfristige Kosten, die den Ertrag beeinflussen.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

- **Finanzierung und Förderungen:** Verfügbare Kredite und staatliche Förderprogramme, die die Kosten senken können.

Anhand dieser Analyse lässt sich bewerten ob die Investitionen in eine PV-Anlage aus wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist.

8 Aufbau einer PV-Anlage

Montageanleitung für eine Photovoltaikanlage auf einem Dach

8.1 Planung und Vorbereitung

Stückliste

- **Solarpaneele:** Anzahl entsprechend der gewünschten Kapazität (z. B. 10 Stück à 300 W)
- **Montageschienen:** Ausreichend für die Befestigung aller Solarpaneele
- **Dachhaken oder Halterungen:** Passend zur Anzahl der Montageschienen und der Dachsparren
- **Befestigungsklemmen:** Für die sichere Befestigung der Solarpaneele an den Montageschienen (End- und Mittelklemmen)
- **Wechselrichter:** Passend zur Gesamtleistung der Solarpaneele
- **DC-Kabel:** Ausreichende Länge für die Verstringung der Solarpaneele und den Anschluss an den Wechselrichter
- **AC-Kabel:** Ausreichende Länge für den Anschluss des Wechselrichters an die Niederspannungshauptverteilung (NSHV)
- **Kabelkanäle und Kabelbinder:** Für ein sauberes Kabelmanagement
- **Schrauben und Dübel:** Passend für die Befestigung der Montageschienen und Halterungen
- **Werkzeug:** Bohrmaschine, Schraubenschlüssel, Maßband, Schraubendreher
- **Sicherheitsausrüstung:** Handschuhe, Schutzbrille, Helm

8.2 Gerüst aufstellen

- **Aufbau:** Stellen Sie ein stabiles Gerüst auf, das den Zugang zum Dach sicher ermöglicht. Achten Sie darauf, dass das Gerüst fest verankert ist und alle Sicherheitsvorschriften erfüllt.
- **Sicherheitscheck:** Überprüfen Sie das Gerüst auf Stabilität und korrekte Montage, bevor Sie es betreten.

8.3 Montageschienen anbringen

- **Positionierung:** Messen Sie die Fläche des Dachs aus und markieren Sie die Position der Montageschienen. Achten Sie darauf, dass die Schienen parallel und gleichmäßig verteilt sind.
- **Befestigung:** Befestigen Sie die Montageschienen mit Dachhaken oder speziellen Halterungen am Dach. Schrauben Sie die Halterungen fest an die Dachsparren. Achten Sie darauf, dass die Schienen stabil und sicher sind.

8.4 Solarpaneele montieren

- **Klemmen vorbereiten:** Montieren Sie die End- und Mittelklemmen auf die Montageschienen.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

- **Erste Endklemme befestigen:** Zunächst wird nur die erste Endklemme fest montiert.
- **Erstes Modul positionieren:** Richten Sie das erste Solarpaneel aus und fixieren Sie es mit der Endklemme. Ein Modul wird immer auf zwei Montageschienen montiert.
- **Mittelklemmen und Module anbringen:** Bringen Sie nacheinander ein Solarpaneel und eine Mittelklemme an. Schieben Sie das nächste Modul auf die Montageschiene, verbinden Sie es mit den vorherigen Modulen und fixieren Sie es mit einer Mittelklemme. Wiederholen Sie diesen Vorgang, bis alle Module montiert sind. An jedem Modul werden jeweils zwei Klemmen zur Befestigung eingesetzt.
- **Abschluss mit Endklemme:** Am Ende der Schiene wird die letzte Endklemme montiert, um das letzte Modul zu fixieren.
- **Verbindung herstellen:** Verbinden Sie die Solarpaneele untereinander mit den MC4-Steckern.

8.5 Verkabelung

- **Verstringung:** Verbinden Sie die Solarpaneele in Strängen (Strings). Ein String besteht aus mehreren in Reihe geschalteten Solarpaneelen. Achten Sie darauf, die richtige Polung zu beachten (Plus zu Minus).
- **Kabelmanagement:** Die Kabel müssen hochgebunden werden, um sicherzustellen, dass sich kein Dreck ansammelt. Verwenden Sie Kabelbinder und -kanäle, um die Kabel sicher zu befestigen. Bei scharfen Kanten muss ein Kantenschutz montiert werden.
- **Anschluss an den Wechselrichter:** Führen Sie die DC-Kabel (Gleichstrom) von den Solarpaneelen zum Wechselrichter. Achten Sie darauf, dass der Biegeradius der Kabel nicht zu eng ist, um Beschädigungen zu vermeiden.

8.6 Wechselrichter installieren

- **Positionierung:** Installieren Sie den Wechselrichter an einem gut belüfteten Ort, idealerweise in der Nähe der Niederspannungshauptverteilung (NSHV). Der Wechselrichter sollte vor direkter Sonneneinstrahlung und Feuchtigkeit geschützt sein.
- **Montageabstände:** Beachten Sie die vom Hersteller empfohlenen Montageabstände, um eine ausreichende Belüftung sicherzustellen. Ein typischer Abstand zu Wänden beträgt mindestens 30 cm, zu anderen Geräten mindestens 50 cm.
- **Anschlüsse:** Schließen Sie die DC-Kabel von den Solarpaneelen und die AC-Kabel (Wechselstrom) zur NSHV gemäß den Anweisungen des Herstellers an.

8.7 Anschluss an das Stromnetz

- **Elektriker beauftragen:** Lassen Sie den Anschluss an das Stromnetz von einem qualifizierten Elektriker durchführen. Dieser Schritt ist entscheidend für die Sicherheit und die ordnungsgemäße Funktion der Anlage.
- **Zähler installieren:** Falls erforderlich, installieren Sie einen neuen Stromzähler oder lassen Sie den vorhandenen Zähler von Ihrem Energieversorger anpassen.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

8.8 Inbetriebnahme und Überprüfung

- **System prüfen:** Überprüfen Sie alle Verbindungen und die gesamte Anlage auf eventuelle Fehler oder lose Verbindungen.
- **Inbetriebnahme:** Schalten Sie die Anlage ein und überprüfen Sie die Funktion des Wechselrichters und der Solarpaneele. Stellen Sie sicher, dass die Anlage korrekt arbeitet und Strom produziert.
- **Monitoring-Portal:** Richten Sie das Monitoring-Portal ein, falls Ihr Wechselrichter dies unterstützt. Über das Monitoring-Portal können Sie die Leistung und den Zustand Ihrer Photovoltaikanlage überwachen. Dies ermöglicht eine frühzeitige Erkennung von Problemen und eine optimale Nutzung der Anlage.

Wichtige Hinweise:

- **Genehmigungen:** Prüfen Sie, ob Sie für die Installation eine Genehmigung benötigen.
- **Förderprogramme:** Informieren Sie sich über mögliche Förderprogramme und finanzielle Unterstützung für Photovoltaikanlagen.
- **Versicherung:** Schließen Sie eine Versicherung für Ihre Photovoltaikanlage ab, um gegen mögliche Schäden abgesichert zu sein.

9 Betrieb einer PV-Anlage

Bei dem Betrieb einer PV-Anlage gibt es einige Punkte zu berücksichtigen. Da der Betrieb auf 20-25 Jahre ausgelegt ist, sollte sichergestellt sein, dass die Anlage über diesen Zeitraum die erwartete Performance erbringt. Hierzu sollten die folgenden Punkte beachtet werden.

9.1 Regelmäßige Überwachung

Monitoring-Systeme

- **Installiere ein Monitoring-System:** Ein Monitoring-System hilft dabei, die Leistung der PV-Anlage in Echtzeit zu überwachen und Daten zu sammeln. Beliebte Systeme sind beispielsweise SolarEdge, Enphase oder SMA.
- **Überprüfe regelmäßig die Ertragsdaten:** Tägliche oder wöchentliche Überprüfungen der Daten können Abweichungen schnell sichtbar machen. Anzeichen für Probleme könnten unerwartete Leistungseinbußen oder Ausfälle sein.

Vorteile der Überwachung

- **Frühzeitige Fehlererkennung:** Schnelle Reaktionszeit bei Problemen.
- **Optimierungspotenzial:** Erkennen und Beheben von ineffizienten Betriebszuständen.

9.2 Reinigung der PV-Module

Reinigungshäufigkeit

- **Standardintervall:** Einmal jährlich, idealerweise im Frühjahr, um Verschmutzungen aus dem Winter zu entfernen. Die Reinigungshäufigkeit hängt von der Verschmutzung der Module ab und sollte durch visuelle Inspektion festgelegt werden.
- **Besondere Umstände:** In Gebieten mit hoher Luftverschmutzung, Pollenbelastung, in der Nähe von landwirtschaftlichen Betrieben oder in Küstennähe kann eine häufigere Reinigung (halbjährlich oder vierteljährlich) sinnvoll sein.

Ab wann ist eine Reinigung sinnvoll?

- **Sichtbare Verschmutzung:** Wenn Module deutlich verschmutzt sind, wie durch Vogelkot, Laub, Staub oder andere Verunreinigungen.
- **Leistungsabfall:** Wenn der Ertrag ohne ersichtlichen Grund um mehr als 5-10% abfällt.

Reinigungsmethoden

- **Manuelle Reinigung:** Weiches Wasser und eine weiche Bürste oder ein Tuch. Keine aggressiven Reinigungsmittel verwenden, da sie die Oberfläche der Module beschädigen können.

Vorteile der Reinigung

- **Maximierung des Ertrags:** Saubere Module gewährleisten die optimale Absorption von Sonnenlicht.
- **Längere Lebensdauer:** Regelmäßige Reinigung kann die Lebensdauer der Module verlängern.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

9.3 Wartung und Inspektion

Wartungsintervalle

- **Jährliche Inspektion:** Überprüfung aller Systemkomponenten, um sicherzustellen, dass sie ordnungsgemäß funktionieren und keine sichtbaren Schäden aufweisen.
- **Fünfstährliche Überprüfung:** Umfassendere Überprüfung der gesamten elektrischen Installation durch einen Fachmann.

Wartungsaufgaben

- **Mechanische Inspektion:** Kontrolle der Montagesysteme auf Festigkeit und Stabilität. Überprüfen der Rahmen und Befestigungen auf Korrosion und andere Schäden.
- **Elektrische Inspektion:** Überprüfung der Wechselrichter, Sicherungen, Verkabelung und Erdungssysteme. Messung der elektrischen Werte zur Sicherstellung der Leistungsfähigkeit.
- **Überprüfung der Module:** Sichtprüfung auf Risse, Delamination und andere physische Schäden. Überprüfung auf Hotspots mit Infrarotkameras, wenn verfügbar.
- **Schattenmanagement:** Regelmäßige Kontrolle, dass keine neuen Verschattungen durch Bäume oder ähnliches entstanden sind. Bei Bedarf Bäume beschneiden.

Vorteile der Wartung

- **Sicherheit:** Vermeidung von elektrischen Gefahren und Brandschutz.
- **Langfristige Effizienz:** Sicherstellung der optimalen Leistung und Verlängerung der Lebensdauer der Anlage.

9.4 Jährliche Ertrags- und Finanzauswertung

Ertragsauswertung

- **Vergleich mit Vorjahren:** Analyse der Ertragsdaten im Vergleich zu den Vorjahren zur Identifikation von Trends und Abweichungen.
- **Leistungsverlust:** Berechnung der Degradationsrate der Module und Analyse von Leistungseinbußen.
- **Monitoring-Daten:** Detaillierte Auswertung der Daten aus dem Monitoring-System zur Identifikation von Störungen und Performance-Problemen.

Finanzauswertung

- **Einnahmen durch Einspeisevergütung:** Ermittlung der jährlichen Einnahmen durch die Einspeisevergütung oder Direktvermarktung des erzeugten Stroms.
- **Einsparungen bei Eigenverbrauch:** Berechnung der Einsparungen durch den selbst verbrauchten Solarstrom, basierend auf den aktuellen Stromtarifen.
- **Wartungs- und Betriebskosten:** Aufstellung aller angefallenen Kosten für Wartung, Reinigung und Betrieb der Anlage.
- **Amortisationsrechnung:** Aktualisierung des Amortisationsplans basierend auf den aktuellen Einnahmen und Kosten. Berechnung der bisher erreichten Amortisation der Investitionskosten.

Vorteile der Finanzauswertung

- **Transparenz:** Klare Übersicht über die finanzielle Performance der Anlage.
- **Planungssicherheit:** Grundlage für zukünftige finanzielle Entscheidungen und Investitionen.

9.5 Dokumentation und Reporting

Dokumentationspflicht

- **Regelmäßige Aufzeichnungen:** Alle Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen sowie die Ertragsdaten sollten in einem Wartungsbuch oder einer digitalen Plattform dokumentiert werden.
- **Berichte für Behörden:** Erstellen von Berichten für Behörden oder Förderstellen, falls erforderlich. Dies kann zum Beispiel im Rahmen von Förderprogrammen notwendig sein.

Jahresbericht

- **Ertragsbericht:** Zusammenstellung und Analyse der Jahreserträge und Leistungsdaten der PV-Anlage.
- **Finanzbericht:** Zusammenfassung der finanziellen Performance der Anlage, einschließlich Einnahmen, Kosten und Amortisation.

Vorteile der Dokumentation

- **Nachverfolgbarkeit:** Übersicht über alle durchgeführten Maßnahmen und deren Ergebnisse.
- **Rechts- und Förderkonformität:** Erfüllung von gesetzlichen und fördertechnischen Anforderungen.

9.6 Störungsmaßnahmen

Störungsmanagement

- **Fehlerbehebung:** Sofortige Identifikation und Behebung von Störungen im Monitoring-System. Dies könnte durch Neustart des Systems, Austausch defekter Komponenten oder Kontaktaufnahme mit dem Serviceanbieter erfolgen.
- **Ersatzteile:** Vorrat an wichtigen Ersatzteilen (wie Sicherungen, Ersatzmodule) und Kontaktinformationen von Serviceanbietern bereithalten.

Vorteile des Störungsmanagements

- **Minimierung von Ausfallzeiten:** Schnelle Reaktion und Behebung von Problemen verhindern längere Ertragsausfälle.
- **Sicherheit:** Vermeidung von Gefahren durch defekte Komponenten oder Installationen.

Diese detaillierte Anleitung hilft dabei, den Betrieb einer PV-Anlage effizient und sicher zu gestalten, um maximale Erträge und eine lange Lebensdauer zu gewährleisten.

10 Finanzierungsmodelle einer PV-Anlage

Für die Finanzierung von Photovoltaikanlagen können verschiedene Finanzierungsmodelle zur Anwendung kommen. Die Wahl des Finanzierungsmodells hängt von verschiedenen Faktoren ab.

10.1 Faktoren der Finanzierung

Typische Faktoren, die es bei der Finanzierung zu beachten gilt, sind:

1. Verfügbares Eigenkapital

Die Höhe des verfügbaren Eigenkapitals beeinflusst die Entscheidung für ein Finanzierungsmodell. Anlagenbetreiber, die über ausreichend Eigenkapital verfügen, können die Anlage möglicherweise selbst finanzieren, während andere auf externe Finanzierung angewiesen sind.

2. Finanzierungskosten

Die Zinsen und Konditionen für Kredite und Leasingverträge variieren je nach Finanzinstitut und Bonität des Anlagenbetreibers. Die Kosten zur Finanzierung beeinflussen das Finanzierungsmodell maßgeblich. Eigenkapital ist ein maßgeblicher Faktor zur Reduzierung der Finanzierungskosten – typischerweise gilt, je höher die Eigenkapitalquote, desto niedriger sind die Finanzierungskosten.

3. Risikobereitschaft

Einige Finanzierungsmodelle, wie beispielsweise Leasing oder Contracting, übertragen einen Teil des Risikos auf den Anbieter. Anlagenbetreiber, die das Risiko minimieren möchten, könnten sich für solche Modelle entscheiden.

4. Steuerliche Aspekte

Die steuerlichen Auswirkungen der verschiedenen Finanzierungsmodelle können ebenfalls eine Rolle spielen. Je nach Land und Steuersystem können sich unterschiedliche steuerliche Vorteile ergeben, die die Wahl des Finanzierungsmodells beeinflussen.

5. Persönliche Präferenzen

Die individuellen finanziellen Situationen und Präferenzen der Anlagenbetreiber können ebenfalls Einfluss auf die Wahl des Finanzierungsmodells haben. Letztendlich sollte die Entscheidung für ein Finanzierungsmodell sorgfältig geprüft und unter Berücksichtigung aller relevanten Faktoren getroffen werden.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

10.2 Finanzierungsmodelle

Am Markt findet man folgende typische Finanzierungsmodelle:

1. Eigenfinanzierung

Der Anlagenbetreiber finanziert die Photovoltaikanlage vollständig aus eigenen Mitteln. Eigenmittel können sich aufteilen nach Eigenkapital und Eigenleistung in Form von Arbeitsleistung sein.

2. Kreditfinanzierung

Der Anlagenbetreiber nimmt einen Kredit bei einer Bank oder einem anderen Finanzinstitut auf, um die Anlage zu finanzieren. Die Kreditzinsen und die Tilgung des Kredits werden aus den Einnahmen der Photovoltaikanlage beglichen.

3. Leasing

Der Anlagenbetreiber least die Photovoltaikanlage von einem Anbieter und zahlt dafür regelmäßige Leasingraten. Am Ende der Leasinglaufzeit kann der Betreiber die Anlage in der Regel zu einem vorher vereinbarten Restwert erwerben.

4. Contracting

Beim Contracting übernimmt ein spezialisierter Anbieter die Finanzierung, Installation und den Betrieb der Photovoltaikanlage. Der Betreiber zahlt eine vereinbarte Vergütung für die Nutzung der Anlage, ohne selbst Eigentümer zu sein.

5. Crowdfunding

Über Online-Plattformen können Anlagenbetreiber ihr Photovoltaikprojekt öffentlich finanzieren, indem sie kleine Beträge von einer Vielzahl von Investoren einsammeln. Diese Finanzierungsmodelle unterscheiden sich hinsichtlich der finanziellen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie der Risiken und Chancen für den Anlagenbetreiber.

11 Social Entrepreneurship

11.1 Einleitung

Beginnen wir mit einem Zitat von Leo Birnbaum (CEO von E.ON SE). Als er in seiner 25-jährigen Tätigkeit in der Energiebranche gefragt wurde, was bisher sein größter Erfolg war, antwortete er: „Der größte Erfolg ist, dass erneuerbare Energien wirtschaftlich sind – damit wird der Übergang zu einem nachhaltigeren Energiesystem selbsttragend.“

Dieses Kapitel soll dazu anregen, ein geeignetes Finanzierungsmodell für eine PV-Anlage für Schulen und die umliegenden Bewohner zu entwickeln. Wir hoffen, Leo Birnbaums Aussage bestätigen zu können.

Als Fallstudie nehmen wir das Colegio Fervan Campestre.

Unser Ziel ist es, ein Geschäftsmodell zu entwickeln, das es der Colegio Fervan Campestre ermöglicht, eine PV-Anlage zu installieren und zu betreiben, um die jährlichen Stromkosten zu senken und gleichzeitig grüne, umweltschonende Energie zu nutzen.

11.2 Welche Geschäftsmodelle gibt es heute auf dem Photovoltaikmarkt?

Heutzutage können wir bei der Nutzung von PV-Systemen im Wesentlichen zwischen zwei Geschäftsmodellen unterscheiden:

11.2.1 Investitionsorientierte Modelle

Diese Geschäftsmodelle werden von Investoren vorangetrieben, die in Produktionsanlagen für erneuerbare Energien investieren wollen, die innerhalb von 3 bis 15 Jahren eine Rendite erzielen. Zu Beginn des Photovoltaik-Zeitalters wurden diese Modelle durch politische Anreize wie einen festen Preis pro kWh über z.B. 20 Jahre vorangetrieben. Mit einem solchen Angebot hat Deutschland die Industrialisierung und Installationsrate der erneuerbaren Energieerzeugung mit Wind, Solar oder Biogas vorangebracht. Heute sind Anreize nicht mehr notwendig. Es liegt an der Kreativität der Investoren, wie das Geschäftsmodell aussieht und wie sie mit der Produktion erneuerbarer Energien Geld verdienen. Dennoch ist es ratsam, die lokalen Subventionen für die Länder zu prüfen, in denen ein System gebaut werden soll. Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten für einzelne oder gemeinsame Investitionspakete.

11.2.2 Verbrauchsorientierte Modelle

Andere Geschäftsmodelle zielen darauf ab, den Eigenverbrauch durch eigene Produktionsanlagen zu decken. Hier steht die Optimierung der eigenen Energiekostenstruktur im Vordergrund – und als Nebeneffekt können auch die Auswirkungen auf die Umwelt reduziert werden. In Europa können

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Unternehmen, die in nachhaltige Energieerzeugung investieren, zusätzlich von ihrer Nachhaltigkeitsberichterstattung profitieren.

In den Jahren 2023/24 zeigen die Wachstumsraten deutscher Unternehmen bei der Errichtung von Photovoltaikanlagen - unter anderem aufgrund der Vorteile bei der Nachhaltigkeitsberichterstattung und vor allem wegen dem positiven Effekt auf die eigenen Energiekosten - ein deutliches Wachstum. Immer häufiger, schließen sich Gemeinschaften zusammen, in denen sich mehrere Parteien die Investitionen in eigene PV-Stromerzeugung teilen. Der Energieertrag wird in der Gemeinschaft dann auch geteilt. Durch das Kombinieren unterschiedlicher Verbrauchsmuster können zusätzliche Synergien genutzt werden.

11.3 Was ist Social Entrepreneurship?

Nach der Betrachtung der beiden grundsätzlichen Geschäftsmodellarten wollen wir uns nun dem Social Entrepreneurship zuwenden. Die Idee das Colegio Fervan Campestre mit nachhaltiger Energie zu versorgen und dabei Geld zu verdienen, kommt dem Social Entrepreneurship sehr nahe.

Wie könnte ein Modell aussehen, das wir als Geschäftsmodell des sozialen Unternehmertums bezeichnen?

Bevor wir uns mit sozialem Unternehmertum befassen, werfen wir einen kurzen Blick darauf, was Unternehmertum überhaupt ist.

In seiner grundlegendsten Form bezieht sich Unternehmertum auf eine Einzelperson oder eine kleine Gruppe von Partnern, die sich auf den Weg machen, ein neues Unternehmen zu gründen. Ein Unternehmer sucht aktiv nach einem bestimmten Geschäftsvorhaben. Der Unternehmer geht Risiken ein, um das Geschäftsvorhaben zu entwickeln, und profitiert, wenn das Vorhaben erfolgreich ist.

Quelle: <https://online.stanford.edu/what-is-entrepreneurship>

Angesichts des Klimawandels und der menschlichen Widerstandsfähigkeit scheint die Art und Weise, wie klassisches Unternehmertum betrieben wird, immer mehr überholt zu sein. Die Wirtschaft müsste umdenken und sich an die Natur anpassen. In seinem Buch „The Age of Resilience“ meint Jeremy Rifkin gar, dass der Kapitalismus in seiner jetzigen Form keine Überlebenschance hat ([Interview with Jeremy Rifkin, sociologist and economist](#)). Er ist überzeugt: Bei zukunftssicheren Geschäftsmodellen muss mindestens eine zusätzliche Komponente hinzugefügt werden: die Auswirkungen auf die Umwelt. Unternehmen, die versuchen, die Auswirkungen ihrer Geschäftstätigkeit auf die Umwelt positiv zu gestalten, bezeichnen wir als Sozialunternehmer.

Wenn man dem Unternehmertum eine soziale Komponente hinzufügt, ändert sich zwar der Ansatz, aber im Grunde gelten die Regeln des Unternehmertums noch immer. Im Großen und Ganzen ist soziales Unternehmertum ein neues, innovatives Geschäftsvorhaben, das Veränderungen bewirkt. Ein sozial engagierter Unternehmer hat ein bestimmtes Anliegen, das ihm am Herzen liegt, und entwickelt ein Geschäftsmodell, das darauf abzielt, eine positive Wirkung zu erzielen.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Sozialunternehmer sind die „Veränderer“, die innovative Initiativen und Organisationen entwickeln, die soziale, ökologische, wirtschaftliche oder politische Probleme lösen. Entscheidend ist, dass diese Menschen unternehmerisch denken, Chancen für Veränderungen erkennen, die andere nicht sehen, und vorhandene Ressourcen nutzen, um etwas zu bewirken – wobei die soziale Wirkung im Mittelpunkt ihres Geschäftsmodells steht.

Beispiel: [What is social entrepreneurship?](#)

Quelle: <https://krocstories.sandiego.edu/peace/the-innovating-peace-blog/what-is-social-entrepreneurship-and-social-innovation-definition-ideas-and-examples>

11.4 Methoden zur Entwicklung von Geschäftsmodellen

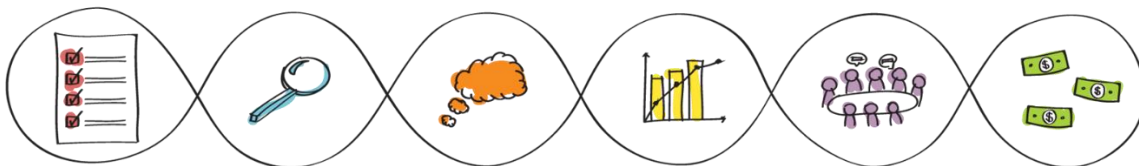
Es gibt zwei Methoden, die wir uns ansehen wollen und die dabei helfen, Geschäftsmodelle auf strukturierte Weise zu entwickeln.

- a. Die Design Thinking Methode und
- b. Die Business Canvas Methode

Beide Methoden ergänzen sich gegenseitig. Während Design Thinking die Entwicklung einer Idee fördert, unterstützt das Business-Canvas-Modell die konkrete Entwicklung des Umsetzungsmodells.

11.4.1 Design Thinking

Per Definition ist Design Thinking ein Ansatz zur Bearbeitung komplexer Probleme. Es ist gleichzeitig „eine Methode, eine Reihe von Prinzipien, eine besondere Denkweise und ein Prozess mit einer Vielzahl unterstützender Werkzeuge“ (Poguntke, 2021). Das Besondere am Design-Thinking-Prozess ist, dass er auf einem konkreten Prozess basiert. Er folgt einer bestimmten Systematik und muss immer so gestaltet werden, dass er zu dem Problem passt, das gelöst werden soll.



Die sechs Phasen des Design Thinking sind:

I. **Empathie**

Verständnis für die Bedürfnisse und Gefühle der Nutzer oder Interessengruppen, die von dem Problem oder der Chance betroffen sind, mit dem/der man sich befasst.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

II. Definition

Definition des Problems oder der Chance auf der Grundlage der Erkenntnisse aus der Empathiephase.

III. Ideate

Kreative und innovative Ideen zur Lösung des definierten Problems oder zur Nutzung der definierten Chance entwickeln.

IV. Prototyp

Erstellen einer groben oder vorläufigen Version der Lösung, um sie zu testen und Feedback zu sammeln.

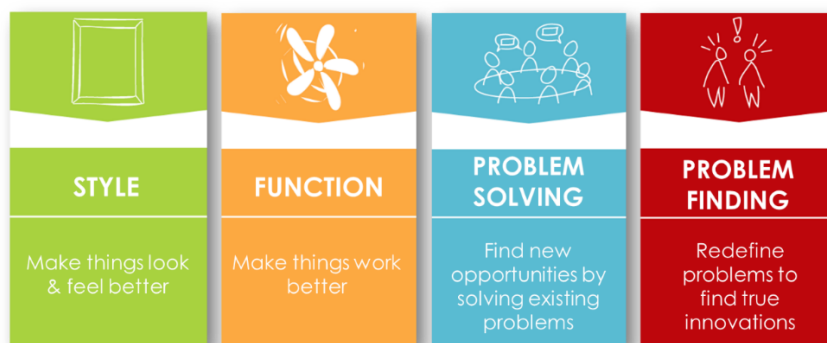
V. Test

Testen des Prototyps mit tatsächlichen Benutzern, um Feedback zu sammeln und mögliche Verbesserungen zu ermitteln.

VI. Implementieren

Umsetzung der endgültigen Lösung auf der Grundlage des Feedbacks, das während der Testphase eingegangen ist.

Der Fokus liegt während des gesamten Prozesses darauf, die richtige Mischung aus Benutzerfreundlichkeit, Attraktivität und Machbarkeit zu finden. Einer der wichtigsten Aspekte der Methode ist es, das Problem zu verstehen. Die größte Veränderung in der Funktionsweise des Design Thinking besteht darin, nicht wie bisher in Lösungen zu denken. Erst wenn das Problem richtig verstanden und lokalisiert wurde, kann eine sinnvolle und gewinnbringende Lösung entwickelt werden.



Typische Probleme, bei denen Menschen und Unternehmen die Design-Thinking-Methode anwenden.

In unserem Fall konzentrieren wir uns auf den Bereich der Problemlösung. In der ersten Phase müssen wir die Probleme verstehen, die wir mit unserem Projekt lösen wollen. Typische Probleme können beispielsweise hohe Energiekosten, häufige Unterbrechungen der Stromversorgung und/oder ein zu hoher Anteil fossiler Brennstoffe am aktuellen Energiemix sein.

Beginnen wir direkt mit Übungen, um herauszufinden, was wir mit unserem Photovoltaik-Problem lösen wollen, und entwickeln wir später Ideen, wie wir die Probleme lösen können.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

11.4.2 Design Thinking Übungen

Im Folgenden haben wir einige Beispiele zusammengestellt, die Ihnen bei der Gestaltung und Anwendung von Design Thinking in Ihren Workshops helfen sollen.

Übung 1 – Empathize

- Beschreiben Sie die aktuelle Situation der Energieversorgung.
- Welche Interessengruppen sind beteiligt/betroffen? Beschreiben Sie bitte alle direkt und indirekt beteiligten Interessengruppen und welche Probleme sie im Zusammenhang mit Energie haben.
- Welche positiven Aspekte der aktuellen Situation möchten Sie nicht verlieren?

Übung 2 – Define

- Bitte beschreiben Sie das Problem, das Sie in Übung 1 beobachtet haben. Formulieren Sie die Beschreibung so konkret wie möglich – und beziehen Sie dabei die verschiedenen Perspektiven der beteiligten Interessengruppen mit ein.

Übung 3 – Ideate

- Bitte denken Sie über Szenarien nach, welche die identifizierten Probleme lösen können. Beschreiben Sie diese potenziellen Szenarien so genau wie möglich. Sie können sich ein Szenario für eine perfekte Welt ausdenken und sich dann fragen, was die Erreichung dieser perfekten Situation behindert. Vielleicht hilft Ihnen das, bessere Ideen zu entwickeln ...

Übung 4 – Prototype

- Bitte entwerfen Sie ein Lösungsmodell (Prototyp) – machen Sie es so greifbar wie möglich.

Übung 5 – Test

- Gehen Sie bitte hinaus und testen Sie Ihren definierten Prototyp, um Feedback zu sammeln und mögliche Verbesserungen zu ermitteln. Beschreiben Sie die Verbesserungen des Prototyps.

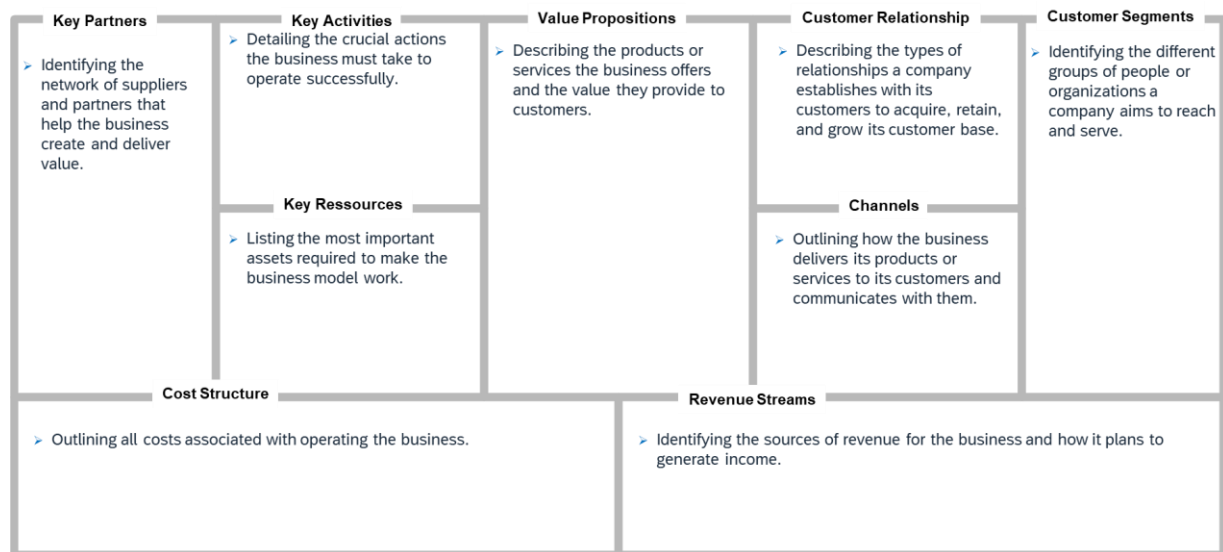
Übung 6 – Implement

- Beschreiben Sie Ihre endgültige Lösung und entwickeln Sie einen Plan für die Umsetzung. Nutzen Sie das Business Canvas Model

11.4.3 The Business Canvas Methodology

Die von Alexander Osterwalder populär gemachte Business-Canvas-Methode ist ein strategisches Management-Tool, mit dem Geschäftsmodelle entwickelt, dokumentiert und analysiert werden können. Die Methode basiert auf einem einseitigen Dokument, das neun Schlüsselbereiche umfasst.

Durch die Untersuchung und das Ausfüllen jedes Abschnitts der Canvas können Menschen ein besseres Verständnis des Geschäftsmodells erlangen, potenzielle Verbesserungsbereiche identifizieren und Strategien für Wachstum und Nachhaltigkeit entwickeln. Die Business-Canvas-Methode wird häufig als Ausgangspunkt für Geschäftsplanung, Innovation und Unternehmertum verwendet.



Business Canvas Model One pager

Übung 7 – Nutzen Sie das Business Canavas Model (BCM)

Um das BCM zu anzuwenden, sind in der Regel mehrere Schritte erforderlich, um dieses strategische Managementinstrument effektiv umzusetzen. Nachfolgend sind einige Richtlinien zur Übernahme des Business-Canvas-Modells beschrieben:

1. Machen Sie sich mit dem Business Model Canvas vertraut

Beginnen Sie mit dem Studium der Schlüsselkomponenten des Business-Canvas-Modells, dem Verständnis des Zwecks und der Bedeutung jedes Abschnitts und der Art und Weise, wie sie zusammenwirken.

2. Identifizieren Sie Ihr Geschäftsmodell

Bewerten Sie Ihr aktuelles Geschäftsmodell und nutzen Sie die Vorlage, um die wichtigsten Aspekte Ihres Unternehmens zu definieren.

3. Feedback einsammeln

Binden Sie Ihr Team, Interessenvertreter und relevante Experten in Diskussionen über Ihr

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Geschäftsmodell ein. Nutzen Sie ihre Beiträge, um das Konzept zu verfeinern und zu validieren und verschiedene Perspektiven zu gewinnen.

4. Verwenden Sie es als Planungswerkzeug

Das Canvas kann als Planungswerkzeug für die Photovoltaikanlage am Colegio Fervan Campestre verwendet werden. Nutzen Sie, das Canvas zur Visualisierung und Kommunikation potenzieller Änderungen an Ihrem Geschäftsmodell.

5. Kontinuierliche Überprüfung und Aktualisierung

Das Geschäftsumfeld verändert sich, daher ist es wichtig, Ihr Geschäftsmodell regelmäßig zu überprüfen und zu aktualisieren, um es an diese Veränderungen anzupassen und seine Relevanz für Ihr Vorhaben sicherzustellen.

12 Berufe

12.1 Einleitung

Wie in Kapitel 3 beschrieben, soll die Nutzung von Solarenergie in Deutschland und Kolumbien in den nächsten Jahren ausgebaut werden. Um die gesteckten Ziele zu erreichen, muss der Einsatz von Fachkräften in diesem Sektor deutlich erhöht werden. Eine Studie aus Deutschland aus dem Jahr 2022 zeigt, welche Fachkräfte benötigt werden und wie deren Verfügbarkeit zum aktuellen Zeitpunkt aussieht.

(Quelle: Energie aus Wind und Sonne Welche Fachkräfte brauchen wir? KOFA)

12.2 Benötigte Fachkräfte

Welche Fachkräfte werden benötigt?

Die Produktion von Solarmodulen findet derzeit hauptsächlich in China statt, es gibt jedoch Überlegungen, wieder in die Produktion in Deutschland zu investieren, wofür Fachkräfte (z. B. Ingenieure) benötigt würden.

Für die Installation von Photovoltaikanlagen auf Dächern (Kleinanlagen) werden Fachkräfte benötigt. Diese Arbeit wird in der Regel von ausgebildeten Dachdeckern ausgeführt, seltener von Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnikern. Für Handwerker und Ingenieure gibt es weitere Weiterbildungsmöglichkeiten, beispielsweise zum Fachmann für Solartechnik, auch „Solateur“ genannt (keine staatlich anerkannte Fortbildung). In den oft von Handwerkskammern angebotenen Kursen werden die Grundlagen der Planung, Installation und Wartung von Photovoltaikanlagen vermittelt.

In Deutschland darf der Anschluss und die Abnahme einer PV-Anlage nur von qualifizierten Elektrofachkräften und Handwerksmeistern durchgeführt werden, da die Tätigkeiten Sicherheitsrisiken bergen.

Bei der Planung von Freiflächenanlagen und großen Solarparks sind auch Ingenieure aus den Bereichen Elektrotechnik und Maschinenbau gefragt. Elektroingenieure kümmern sich um die Einspeisung des Stroms in das Stromnetz und die damit verbundene Stabilität des Energienetzes.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

Tabelle 1 important activities and typical occupations for the expansion of solar energy

Aufgaben	Typische Berufsbilder oder Qualifikationen
Vertrieb und Verkauf von PV-Systemen/Beratung	Sowohl technischer als auch kaufmännischer Hintergrund, z. B. Betriebswirtschaft
Installation und Wartung von PV-Anlagen auf dem Dach	In der Regel Dachdecker, aber auch Sanitär-, Heizungs- und Klimatechniker, angelernte Hilfskräfte
Anschluss an das Stromnetz	Elektriker (Fachkräfte und Meister)
Planung und Konzeption von Solarparks	Elektrotechniker, Wirtschaftsingenieure, Maschinenbauingenieure
Wartung und Reparatur von Solarparks	Elektrotechniker (Facharbeiter und Spezialisten)
Forschung, Entwicklung und Planung des Stromnetzes und effiziente Nutzung von Strom	Akademiker/Ingenieure aus den Bereichen Elektronik, Informatik, Elektrotechnik, Sektorkopplung

12.3 Fachkräftemangel in der Solarindustrie

Die Studie „Energie aus Wind und Sonne“ der Kompetenzstelle Fachkräftesicherung (KOFA) befasst sich mit dem Fachkräftemangel, der durch den Ausbau der erneuerbaren Energien, der Wind- und Solarenergie, entsteht.

Wie groß ist der Fachkräftemangel?

Laut dieser Studie gibt es derzeit fast 444.000 offene Stellen in den für Solar- und Windenergie relevanten Berufen. Der Engpass der Energiewende mit einer Lücke von fast 17.000 sind Elektrofachkräfte. Aufgrund der gesetzlichen Vorschriften, der erforderlichen Sicherheitsstandards und des Arbeitsschutzes für die Arbeit mit Starkstrom spielten diese eine wesentliche Rolle bei der Energiewende.

Solarprojekt

Aufbau eines Curriculums für Photovoltaik

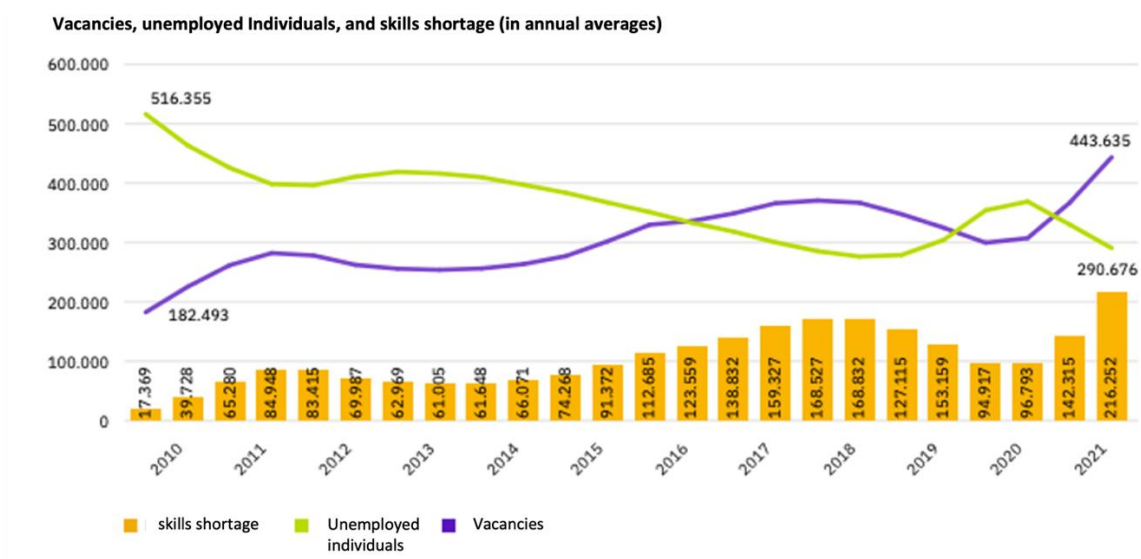


Bild 12 KOFA Berechnungen basieren auf Sonderauswertungen der Bundesagentur für Arbeit und der IAB-Stellenerhebung 2022¹⁹

Auch in den Solar- und Windenergieberufen sind Frauen unterrepräsentiert (der Frauenanteil in der Heizungs- und Klimatechnik liegt bei nur 0,4–1,5 %). Daher ist es das erklärte Ziel der Bundesregierung, den Frauenanteil in den relevanten MINT- und Handwerksberufen zu erhöhen.²⁰

¹⁹ Roland Ernst, 2022, Für die Energiewende fehlen 216.000 Fachkräfte, <https://www.pv-magazine.de/2022/11/28/fuer-die-energiwende-fehlen-216-000-fachkraefte>)

²⁰ KOFA, 2022, Energie aus Wind und Sonne <https://www.kofa.de/media/Publikationen/Studien/Solar-und-Windenergie.pdf>