



## **Solartechnik – Basiswissen für das Handwerk**

©pixabay

## Dozent

# Jan Paruzynski

---

-----  
**Ingenieurbüro Jan Paruzynski |JP-Ingenieure |**  
-----

**Wirtschaftsingenieur Maschinenbau im Schwerpunkt Gebäudetechnik**

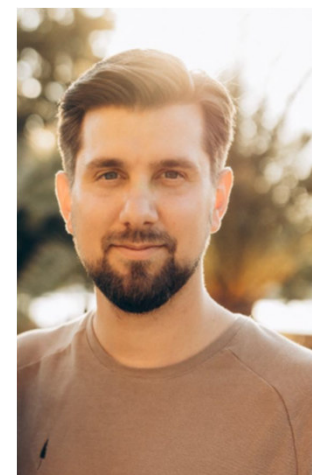
Auditor für das Bewertungssystem Nachhaltiger Kleinwohnhausbau (BNK)

Sachkundiger für Bauschäden und Baumängel (TÜV)

Energieeffizienzexperte des Bundes (dena-gelistet)

Gebäudeenergieberater (HWK)

BIM-Professional



# Inhalt Teil I

---

1. Rechtliche Grundlagen im Gebäudeenergiegesetz
2. Energiebedarf eines Gebäudes oder Gewerbebetriebes
3. Photovoltaik und Solarthermie als Möglichkeiten regenerativer Energienutzung
4. Funktionsweise einer PV-Anlage
5. Batteriespeicher
6. Planung und Montage einer Anlage
7. Einspeisung oder Eigennutzung
8. Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage und Einflüsse auf den Ertrag
9. PV-Anlagen anmelden und betreiben

## Inhalt Teil II

---

1. Grundlagen der Solarthermie
2. Sonnenkollektoren bei Solarthermie Anlagen
3. Planung und Montage einer solarthermischen Anlage
4. Solare Kühlung



## 1. Rechtliche Grundlagen im Gebäudeenergiegesetz (GEG) und aktuelle Förderungen

---



# Inhalt

---

- 1) Das GEG: Gebäudeenergiegesetz
- 2) Fördermaßnahmen

## Das GEG:

---

Gesetz zur **Einsparung von Energie** und zur **Nutzung erneuerbarer Energien** zur **Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden**

**(Gebäudeenergiegesetz - GEG)**

## Historie des GEG

---

- |            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| 01.11.1978 | Wärmeschutzverordnung (WärmeschutzV) |
| 01.02.2002 | Energieeinsparverordnung (EnEV)      |
| 01.11.2020 | Gebäudeenergiegesetz (GEG)           |

# § 1 Zweck und Ziel

GEG

- (1) Zweck dieses Gesetzes ist ein möglichst **sparsamer Einsatz von Energie in Gebäuden** einschließlich einer zunehmenden **Nutzung erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom für den Gebäudebetrieb.**
- (2) Unter Beachtung des **Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit** soll das Gesetz im **Interesse des Klimaschutzes**, der **Schonung fossiler Ressourcen** und der **Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten** dazu beitragen, die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung sowie eine weitere **Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch** für Wärme und Kälte zu erreichen und eine **nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung** zu ermöglichen.

## §2 des GEG

GEG

Dieses Gesetz ist anzuwenden auf

1. **Gebäude**, soweit sie nach ihrer Zweckbestimmung unter Einsatz von Energie **beheizt oder gekühlt** werden, und
2. **deren Anlagen und Einrichtungen der Heizungs-, Kühl-, Raumluft- und Beleuchtungstechnik sowie der Warmwasserversorgung.**

Das GEG gilt also für Wohn- **und** Nichtwohngebäude.

Für Wohngebäude, die **mindestens 4 Monate im Jahr beheizt** oder **mindestens 2 Monate im Jahr gekühlt** werden.

## Das GEG unterscheidet 3 Temperaturbereiche:

---

< 12°C	unbeheizt
12°C – 19°C	minder beheizt
≥ 19°C	normal beheizt

## § 3 Begriffsbestimmungen

GEG

Erneuerbare Energien im Sinne dieses Gesetzes ist oder sind

1. Geothermie,
2. Umweltwärme,
3. die technisch durch im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude stehenden Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie oder durch solarthermische Anlagen zur Wärme- oder Kälteerzeugung nutzbar gemachte Energie,



## § 3 Begriffsbestimmungen

---

GEG

4. die technisch durch gebäudeintegrierte Windkraftanlagen zur Wärme- oder Kälteerzeugung nutzbar gemachte Energie,
5. die aus fester, flüssiger oder gasförmiger Biomasse erzeugte Wärme;  
die Abgrenzung erfolgt nach dem Aggregatzustand zum Zeitpunkt des Eintritts der Biomasse in den Wärmeerzeuger; oder
6. Kälte aus erneuerbaren Energien.

## § 8 Verantwortliche

---

GEG

- (1) Für die Einhaltung der Vorschriften dieses Gesetzes ist der **Bauherr** oder **Eigentümer** verantwortlich, soweit in diesem Gesetz nicht ausdrücklich ein anderer Verantwortlicher bezeichnet ist.
- (2) Für die Einhaltung der Vorschriften dieses Gesetzes sind im Rahmen ihres jeweiligen Wirkungskreises **auch die Personen verantwortlich**, die **im Auftrag des Eigentümers oder des Bauherren** bei der **Errichtung oder Änderung von Gebäuden oder der Anlagentechnik in Gebäuden tätig werden**.

# Grenzwerte nach GEG:

GEG

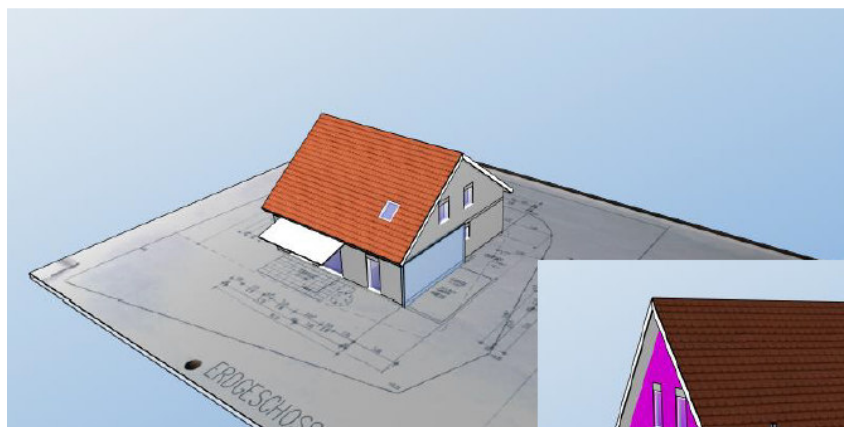
- **spezifischer auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust  $H_T$** 
  - Der Transmissionswärmeverlust bezogen auf die wärmeübertragende Hüllfläche  $A$  ergibt den spezifischen Transmissionswärmeverlust  $H'T$ . Anschaulich ist  $H'T$  der durchschnittliche Wärmestrom durch 1 m<sup>2</sup> Hüllfläche bei einem Kelvin Temperaturdifferenz (Innen zu Außen). Er ist somit der mittlere U-Wert der Gebäudehülle. Die Mittelung erfolgt gewichtet entsprechend der Flächengröße eines Hüllenelements. Eine hohe Dämmqualität der Hüllfläche liegt bei einem niedrigen Wert  $H'T$  vor.
  
- **Primärenergiebedarf  $Q_p$** 
  - Der Primärenergiebedarf (QP) eines Gebäudes bezeichnet die Energiemenge, welche zur Deckung des gesamten Endenergiebedarfs benötigt wird. Wenn Sie Ihren Primärenergiebedarf berechnen möchten, multiplizieren Sie Ihren jeweiligen Endenergiebedarf mit einem Primärenergiefaktor. Letzterer ist abhängig von der Art des eingesetzten Energieträgers bei Ihrem Heizungssystem.
  - Holz: 0,2
  - Luft, Wasser, Erde: 0,0
  - Heizöl: 1,1
  - Erdgas und Flüssiggas: 1,1
  - Steinkohle und Braunkohle: 1,1
  - Strom: 1,8 → aus eigener PV 0,0

# Energiebilanz eines Gebäudes

---

- **Transmissionswärmeverlust**
- **Lüftungswärmeverlust**
- **Solare Gewinne**
- **Interne Gewinne**

# Ermittlung



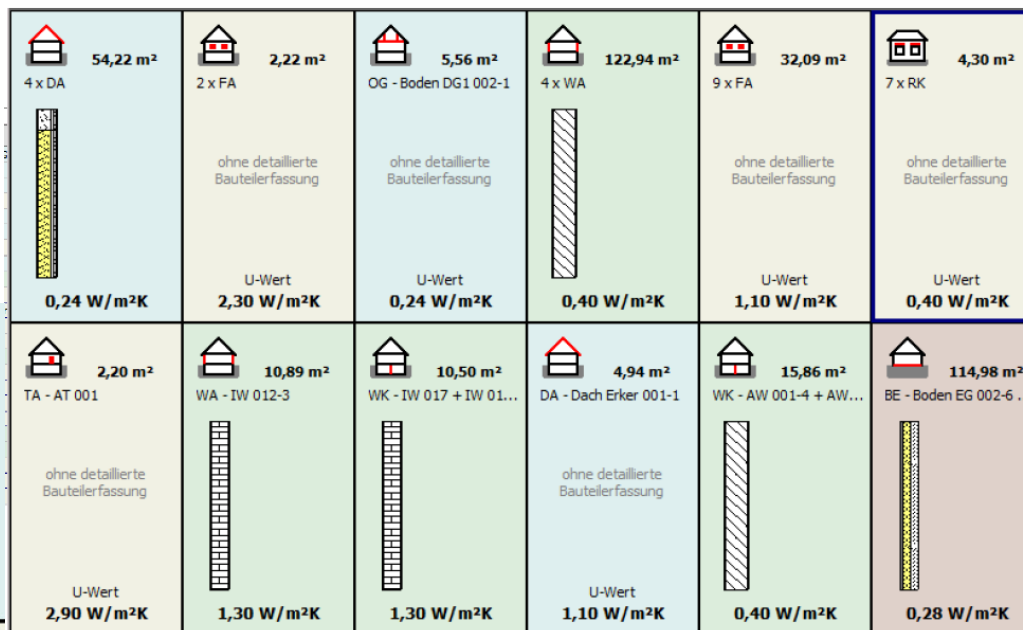
## Gebäude



Gebäude	<input type="text" value="Wohngebäude"/>	
Baujahr	<input type="text" value="2003"/>	↕
Geschosse	<input type="text" value="1"/>	↕
Wohneinheiten	<input type="text" value="1"/>	↕
Geschosshöhe	<input type="text" value="2,68"/>	m
Hüllfläche A	<input type="text" value="439,4"/>	m <sup>2</sup>
Volumen V <sub>e</sub>	<input type="text" value="547,6"/>	m <sup>3</sup>
A/V <sub>e</sub> -Verhältnis	<input type="text" value="0,80"/>	1/m
Nutzfläche A <sub>n</sub>	<input type="text" value="175,2"/>	m <sup>2</sup>

# Ermittlung

Nr	K	A	Bauteilbezeichnung
1	OG	□	Boden DG2-5 + Boden DG2-4 + Boden DG2-3 + Boden DG2-2 + Boden DG2-1
2	DA	↖ NW	Dach 001-2
3	DA	↖ NW	Dach 001-4
4	FA	↖ NW	- DF 002
5	DA	↖ NW	Dach 001-6
6	DA	↘ SO	Dach 001-5 + Dach 001-3
7	FA	↘ SO	- DF 001
8	OG	□	Boden DG1 002-1
9	WA	↖ NW	AW 002-3 + AW 002-2 + AW 002 + AW 011 + AW 006-3 + AW 006-2
10	FA	↖ NW	- Erker 001 - F1
11	RK	↖ NW	- Rollladenkasten (F 004) + Rollladenkasten (F 005) + Rollladenkaster
12	TA	↖ NW	- AT 001
13	FA	↖ NW	- F 004 + F 005
14	WA	↖ SW	AW 003 + AW 015 + AW 012 + AW 007-2 + AW 007
15	FA	↖ SW	- F 007 + F 008
16	RK	↖ SW	- Rollladenkasten (F 007) + Rollladenkasten (F 008)
17	FA	↖ SW	- Erker 001 - F2
18	RK	↖ SW	- Rollladenkasten (Erker 001 - F2)
19	WA	↘ SO	IW 012-3
20	WA	↘ SO	AW 013 + AW 004-2 + AW 004 + AW 008-2 + AW 008
21	FA	↘ SO	- F 001
22	RK	↘ SO	- Rollladenkasten (Erker 001 - F3) + Rollladenkasten (F 001)
23	FA	↘ SO	- F 003 + F 002



# Ermittlung

DIN 18599

BUDERUS - Logamax plus GB122-1

Gebäude: A\_NGF 161 m<sup>2</sup> - 2 Etagen

gemessener Brennstoffverbrauch

erfassen 0 kWh

jährl. Brennstoff- und Betriebskosten

PV-Anlage 10,32 kWh/m<sup>2</sup>

Endenergie 25.698 kWh

**Primärenergie 115,73 kWh/m<sup>2</sup>**

**Heizung**

**Wohnen 80%** 175,25 m<sup>2</sup>

	kWh/m <sup>2</sup>
Bedarf:	64,68
Übergabe:	8,34
Verteilung:	12,11
Speicher:	+ 0,00
<b>Summe</b>	<b>85,14</b>

Radiatoren

BUDERUS Logamax plus GB122-1 e=1,10 93,91

Erdgas E

Endenergie 93,91  
Hilfsenergie 1,92

Bereich 1 Bereich 2

**Warmwasser**

**Wohnen** 175,25 m<sup>2</sup>

	kWh/m <sup>2</sup>
Bedarf:	7,79
Übergabe:	0,00
Verteilung:	10,28
Speicher:	+ 3,03
<b>Summe</b>	<b>21,11</b>

über Heizung e=1,11 23,51

Endenergie 23,51  
Hilfsenergie 0,72

Bereich 1



# Ermittlung

## PV-Anlage DIN 18599-9 - 7.2

Name: **PV-Anlage**

Hersteller: \_\_\_\_\_

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

Baujahr: **2018**

Gesamtfläche: A **54,34** m<sup>2</sup>

Modul-Ausrichtung: **Horizontal** (W SW S SO O)

Modul-Neigung: **0** ° (0 30 45 60 90)

Peakleistung Anlage P<sub>pk</sub>: **9,89** kW

Peakleistung pro m<sup>2</sup> K<sub>pk</sub>: **182,0** W/m<sup>2</sup>

Zelltyp: \_\_\_\_\_

Leistung in 25 Jahren P<sub>pk</sub>/P<sub>pk,25</sub>: **80** %

Systemleistungsfaktor f<sub>perf</sub>: **0,7000** (Tabelle B.1)

Technologie: **kristallin**

Stärke der Belüftung: **Unbelüftete Module (direkt auf Unterkonstr.)**

**Stromspeicher**  Batterie vorhanden

Nutzkapazität C<sub>eff</sub>: **7,00** kWh

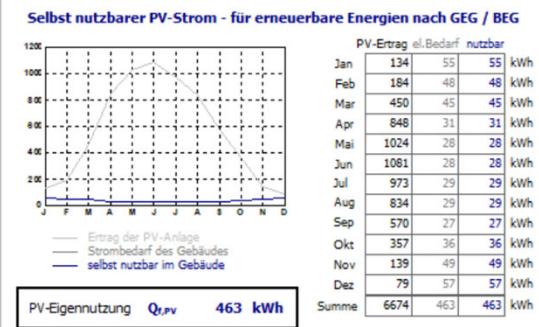
Systemwirkungsgrad η<sub>Batt</sub>: **92,0** %

Maximale Entladetiefe η<sub>DoD</sub>: **83,0** %

Entladezeit t<sub>dis</sub>: **2,0** h (Tabelle B.3)

**Lithium-Batterie**

## PV-Strom - Erneuerbare Energien



für GEG / für BEG (EE-Klasse) nach GEG §23 Abs.2  
 GEG §23 Abs.4

**Vereinfachte GEG-Berechnung**

Batterie < 9,89 kWh

Sockelbetrag PV-Strom 150 x P<sub>pk</sub> = **1.484 kWh**

plus Zuschlag für Anlagenstrom + **324 kWh**

**Q<sub>p</sub>-Abzugswert für PV Q<sub>p,PV</sub>: 1.808 kWh**

Höhe des Zuschlags: 0,70 x Q<sub>anl,el</sub> = 324 kWh  
mit Endenergie Strom Q<sub>anl,el</sub> = 463 kWh

Ab Mindestpeakleistung: 0,03 x A<sub>el</sub> / n<sub>G</sub> = 2,63 kW  
mit A<sub>el</sub> = 175,2 m<sup>2</sup>  
n<sub>G</sub> = **2** Geschosse

Maximal gedeckelt auf: 0,30 x Q<sub>ref</sub> = 3.560 kWh  
mit Referenzgebäude Q<sub>ref</sub> = 11.866 kWh

Bitte beachten: Der berechnete Ertrag der PV-Anlage geht hier NICHT direkt ein, sondern nur die PEAKLEISTUNG und die Größe der BATTERIE.

**DIN 18599** Heizung + Warmwasser +

BUDERUS - Logamax plus GB122-1

Gebäude: A\_NGF 161 m<sup>2</sup> - 2 Etagen

gemessener Brennstoffverbrauch erfassen: **0 kWh**

jährl. Brennstoff- und Betriebskosten

PV-Anlage: **10,32 kWh/m<sup>2</sup>**

Endenergie: **25.698 kWh**

Primärenergie: **115,73 kWh/m<sup>2</sup>**

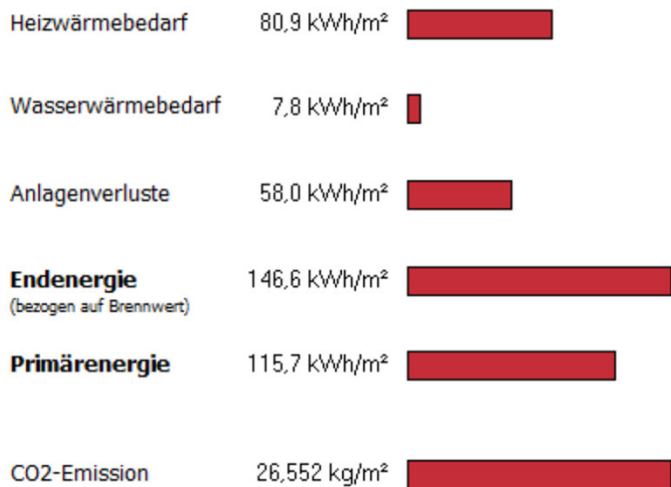
Wohnen 80%	Wohnen
175,25 m <sup>2</sup>	175,25 m <sup>2</sup>
Bedarf: 64,68 kWh/m <sup>2</sup>	Bedarf: 7,79 kWh/m <sup>2</sup>
Übergabe: 8,34	Übergabe: 0,00
Verteilung: 12,11	Verteilung: 10,28
Speicher: + 0,00	Speicher: + 3,03
85,14	21,11
BUDERUS Logamax plus GB122-1 e=1,10	über Heizung e=1,11
93,91	23,51
Endenergie 93,91	Endenergie 23,51
Hilfsenergie 1,92	Hilfsenergie 0,72

Bereich 1 Bereich 2



# Ermittlung

## Übersicht



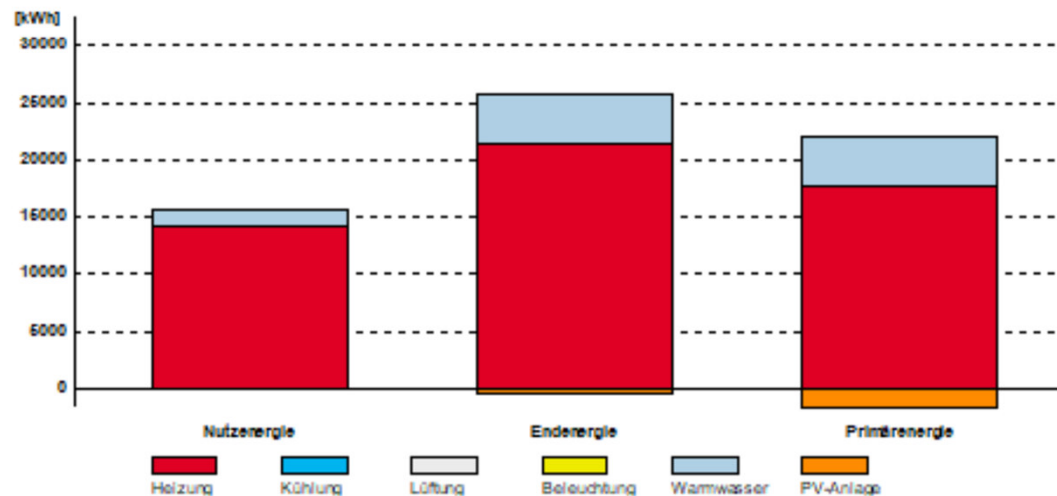
A<sub>n</sub> = 175 m<sup>2</sup>

## Bewertung



## Energie-Bilanz

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]	PV [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	15534 88,84	14188 80,86	0 0	0 0	0 0	1385 7,78	0 0
Endenergie	25236 144,00	21463 122,41	0 0	0 0	0 0	4245 24,23	-483 -2,84
Primärenergie	20281 115,73	17776 101,46	0 0	0 0	0 0	4309 24,68	-1808 -10,32



## §23 Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien

---

- (1) Strom aus erneuerbaren Energien, der in einem zu errichtenden Gebäude eingesetzt wird, darf bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs des zu errichtenden Gebäudes nach §20 Absatz 1 oder Absatz 2 und nach §21 Absatz 1 und 2 nach Maßgabe der Absätze 2 bis 4 in Abzug gebracht werden, soweit er
1. im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zu dem Gebäude erzeugt wird und
  2. vorrangig in dem Gebäude unmittelbar nach Erzeugung oder nach vorübergehender Speicherung selbst genutzt und nur die überschüssige Strommenge in das öffentliche Netz eingespeist wird.

## § 23 Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien

---

(2) Bei der Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs des zu errichtenden **Wohngebäudes** dürfen vom Ausgangswert in Abzug gebracht werden:

1. für eine Anlage zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien ohne Nutzung eines elektrochemischen Speichers 150 Kilowattstunden je Kilowatt installierter Nennleistung und ab einer Anlagengröße mit einer Nennleistung in Kilowatt in Höhe des 0,03-fachen der Gebäudenutzfläche geteilt durch die Anzahl der beheizten oder gekühlten Geschosse nach DIN V 18599-1: 2018-09 zuzüglich das 0,7-fache des jährlichen absoluten elektrischen Endenergiebedarfs der Anlagentechnik, jedoch insgesamt höchstens 30 Prozent des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes nach § 15 Absatz 1,

...und...|

Bedingung	Leistung in kW <sub>p</sub> ≥ $\frac{0,03 \text{ kW}_p \times \text{Gebäudenutzfläche}}{\text{Anzahl Geschosse}}$
Gutschrift	<b>150 kWh</b> x Leistung in kW <sub>p</sub> + <b>0,7</b> x Jahresstromverbrauch Anlagentechnik
Obergrenze	<b>30 %</b> des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes

### Beispielrechnung:

- Einfamilienhaus,
- 150 m<sup>2</sup> Gebäudenutzfläche,
- 2 beheizte Geschosse,
- 6 kW<sub>p</sub> PV-Leistung,
- 12.000 kWh/a Jahres-Primärenergiebedarf  
des Referenzgebäudes und
- 900 kWh/a Jahresstromverbrauch für Heizungspumpe  
und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Prüfen:  
Bedingung  $6 \text{ kW}_p \geq \frac{0,03 \text{ kW}_p \times 150 \text{ m}^2}{2} = 2,25 \text{ kW}_p$  ✓

Gutschrift **150 kWh** x 6 kW<sub>p</sub> + **0,7** x 900 kWh/a  
= **1.530 kWh/a**

Prüfen:  
Obergrenze **30 %** x 12.000 kWh/a = **3.600 kWh/a** ✓

## § 23 Anrechnung von Strom aus erneuerbaren Energien

---

1. ...und...
2. für eine Anlage zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien mit Nutzung eines elektrochemischen Speichers von mindestens 1 Kilowattstunde Nennkapazität je Kilowatt installierter Nennleistung der Erzeugungsanlage 200 Kilowattstunden je Kilowatt installierter Nennleistung und ab einer Anlagengröße mit einer Nennleistung in Kilowatt in Höhe des 0,03-fachen der Gebäudenutzfläche geteilt durch die Anzahl der beheizten oder gekühlten Geschosse nach DIN V 18599-1: 2018-09 zuzüglich das 1,0fache des jährlichen absoluten elektrischen Endenergiebedarfs der Anlagentechnik, jedoch insgesamt höchstens 45 Prozent des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes nach § 15 Absatz 1.

1. Bedingung	Leistung in kW <sub>p</sub> ≥ $\frac{0,03 \text{ kW}_p \times \text{Gebäudenutzfläche}}{\text{Anzahl Geschosse}}$
2. Bedingung	Speicherkapazität in kWh ≥ Leistung in kW <sub>p</sub>
Gutschrift	<b>200 kWh</b> x Leistung in kW <sub>p</sub> + <b>1,0</b> x Jahresstromverbrauch Anlagentechnik
Obergrenze	<b>45 %</b> des Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes

#### Beispielrechnung:

- Einfamilienhaus,
- 150 m<sup>2</sup> Gebäudenutzfläche,
- 2 beheizte Geschosse,
- 6 kW<sub>p</sub> PV-Leistung,
- Batteriespeicher mit 7 kWh Speicherkapazität
- 12.000 kWh/a Jahres-Primärenergiebedarf  
des Referenzgebäudes und
- 900 kWh/a Jahresstromverbrauch für Heizungspumpe  
und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Prüfen:  
1. Bedingung  $6 \text{ kW}_p \geq \frac{0,03 \text{ kW}_p \times 150 \text{ m}^2}{2} = 2,25 \text{ kW}_p$  ✓

Prüfen:  
2. Bedingung  $7 \text{ kWh} \geq 6 \text{ kW}_p$  ✓

Gutschrift  $200 \text{ kWh} \times 6 \text{ kW}_p + 1,0 \times 900 \text{ kWh/a}$   
 $= 2.100 \text{ kWh/a}$

Prüfen:  
Obergrenze  $45 \% \times 12.000 \text{ kWh/a} = 5.400 \text{ kWh/a}$  ✓



## Fazit zur PV-Anrechnung

---

Die Anrechnung von Strom aus PV-Anlagen ist eine der wesentlichen Änderungen im neuen GEG. Die herangezogene Rechenmethode erscheint zunächst sehr komplex, sie fördert jedoch den Einbau von Batteriespeichern und elektrischen Wärmeerzeugern. Auch beim Einsatz einer Gasbrennwerttherme kann die Einplanung einer PV-Anlage und einer Trinkwasser-Wärmepumpe einen hohen Effizienzgewinn ergeben.

Mit den klaren Regeln zur Einbeziehung von lokal erzeugtem PV-Strom in die Berechnung eines Gebäudes wird der flächendeckende Einsatz von Photovoltaik deutlich erleichtert.

**FÖRDEROPTIMIERUNG**

# § 35 Nutzung solarthermischer Anlagen

GEG

- (1) Die Anforderung nach § 10 Absatz 2 Nummer 3 ist erfüllt, wenn durch die Nutzung von solarer Strahlungsenergie mittels solarthermischer Anlagen der Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens **15 Prozent** gedeckt wird.
  
- (2) Die Anforderung bezüglich des Mindestanteils nach Absatz 1 gilt als erfüllt, wenn
  1. bei Wohngebäuden mit höchstens zwei Wohnungen solarthermische Anlagen mit einer Fläche von mindestens **0,04 Quadratmetern Aperturfläche** je Quadratmeter Nutzfläche installiert und betrieben werden und
  2. bei Wohngebäuden mit mehr als zwei Wohnungen solarthermische Anlagen mit einer Fläche von mindestens **0,03 Quadratmetern Aperturfläche** je Quadratmeter Nutzfläche installiert und betrieben werden.

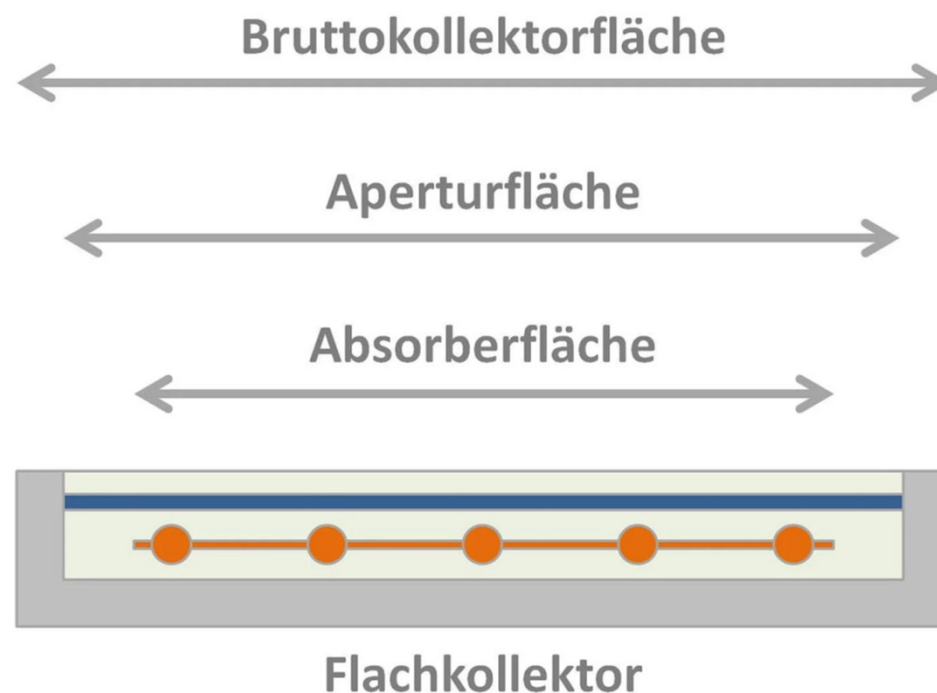


## Aperturfläche

Die Aperturfläche bezeichnet die Gesamtfläche von einem Solarthermie Kollektor, auf welche Sonnenlicht trifft.

Beim Flachkollektor ist die Aperturfläche der sichtbare Bereich der Glasscheibe, also der Bereich innerhalb des Kollektorrahmens, durch den Licht in den Kollektor gelangt.

Bei Vakuum-Röhrenkollektoren sowohl mit flachen Absorbern als auch mit runden Absorbern ohne Reflektorflächen ist die Aperturfläche definiert als die Summe der Längsschnitte aller Glasrohre.



## § 35 Nutzung solarthermischer Anlagen

GEG

- (3) Wird eine solarthermische Anlage mit Flüssigkeiten als Wärmeträger genutzt, müssen die darin enthaltenen Kollektoren oder das System mit dem europäischen Prüfzeichen „Solar Keymark“ zertifiziert sein, solange und soweit die Verwendung einer CE-Kennzeichnung nach Maßgabe eines Durchführungsrechtsaktes auf der Grundlage der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte (ABl. L 285 vom 31.10.2009, S. 10), die zuletzt durch die Richtlinie 2012/27/EU (ABl. L 315 vom 14.11.2012, S. 1) geändert worden ist, nicht zwingend vorgeschrieben ist. Die Zertifizierung muss nach den anerkannten Regeln der Technik erfolgen.



## § 48

### Anforderungen an ein bestehendes Gebäude bei Änderung

---

GEG

Soweit bei beheizten oder gekühlten Räumen eines Gebäudes Außenbauteile im Sinne der Anlage 7 erneuert, ersetzt oder erstmalig eingebaut werden, sind diese Maßnahmen so auszuführen, dass die betroffenen Flächen des Außenbauteils die Wärmedurchgangskoeffizienten der Anlage 7 nicht überschreiten.

Ausgenommen sind Änderungen von Außenbauteilen, die nicht mehr als 10 Prozent der gesamten Fläche der jeweiligen Bauteilgruppe des Gebäudes betreffen.

## 2. Fördermaßnahmen

(Stand Mai 2022)



- 
- 1) Solarthermie**
  - 2) Photovoltaik**

# Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohngebäuden (WG) und Nichtwohngebäuden (NWG)		Fördersatz	Fördersatz mit Austausch Ölheizung	Fachplanung und Baubegleitung
Gebäudehülle <sup>1)</sup>	Dämmung von Außenwänden, Dach, Geschossdecken und Bodenflächen; Austausch von Fenstern und Außentüren; sommerlicher Wärmeschutz	20 %		50 %
Anlagentechnik <sup>1)</sup>	Einbau/Austausch/Optimierung von Lüftungsanlagen; WG: Einbau „Efficiency Smart Home“; NWG: Einbau Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Raumkühlung und Beleuchtungssysteme	20 %		
Heizungsanlagen <sup>1)</sup>	Gas-Brennwertheizungen „Renewable Ready“	20 %	20 %	
	Gas-Hybridanlagen	30 %	40 %	
	Solarthermieanlagen	30 %	30 %	
	Wärmepumpen	35 %	45 %	
	Biomasseanlagen <sup>2)</sup>	35 %	45 %	
	Innovative Heizanlagen auf EE-Basis	35 %	45 %	
	EE-Hybridheizungen <sup>2)</sup>	35 %	45 %	
	Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz mind. 25 % EE mind. 55 % EE	30 % 35 %	40 % 45 %	
Heizungsoptimierung <sup>1)</sup>		20 %		

<sup>1)</sup> iSFP-Bonus: Bei Umsetzung einer Sanierungsmaßnahme als Teil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplanes (iSFP) ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

<sup>2)</sup> Innovationsbonus: Bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Feinstaub von max. 2,5 mg/m<sup>3</sup> ist ein zusätzlicher Förderbonus von 5 % möglich.

# Förderung Solarthermie

---

In allen vorgenannten Förderprogrammen:

➤ **Solarthermie** 30% Zuschuss

+ 10% Ölaustauschbonus für Hybridanlage

+ 2,5% EE-Bonus (KfW)

+ 5% ISFP Bonus

# Photovoltaik

---

- bisher nur zinsgünstiger Kredit
- Teilweise regionale Förderungen
- Problem: auch die Grünen sitzen in den Aufsichtsräten von Stadtwerken und Energieversorgern



# Photovoltaik

---

- seit 2021 wird PV im Zuge von Neubau und Sanierung mit der BEG indirekt gefördert
- BEG-Förderhöhen orientieren sich am erreichten Effizienzhaus-Standard – für dessen Erreichen die Integration erneuerbarer Energien notwendig ist
- KfW-Kredit 270 ist für PV weiterhin – auch neben BEG-Förderung – möglich
- die Einspeisevergütung gemäß EEG unterstützt im laufenden Betrieb für 20 Jahre
- kleine Anlagen bis 30 kWp zahlen seit 2021 keine EEG-Umlage auf Eigenverbrauch mehr – für mehr Einsparpotenzial

# EEG-Umlage

---

Die EEG-Umlage dient zur Finanzierung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien und ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegt.

EE-Anlagen, die nicht in der Direktvermarktung sind, speisen ihren Strom in das öffentliche Netz ein und erhalten von den Übertragungsnetzbetreibern einen festgelegten Vergütungssatz, der für 20 Jahre garantiert wird.

Eigenstromverbraucher müssen seit 2014 für ihren selbst erzeugten und verbrauchten Strom EEG-Umlage zahlen. Allerdings gibt es zahlreiche Sonderregelungen, die eine Reduzierung oder eine Befreiung von der EEG-Umlage ermöglichen. Diese Sonderregelungen werden im EEG 2021 unter dem Stichwort „Eigenversorgung“ geregelt und wurden nochmals stark angepasst (§ 61 EEG 2021).

Grundsätzlich zahlen Eigenversorger, die ihren Strom mit EEG-Anlagen erzeugen, einen reduzierten Umlage-Betrag von 40 % der regulären EEG-Umlage (§ 61b EEG 2021). **Für Betreiber von Anlagen bis zu einer Größe von 30 kW kommt außerdem eine vollständige Befreiung nach § 61b EEG 2021 in Betracht.**

Zum 1. Juli 2022 müssen Stromkunden keine EEG-Umlage mehr über ihre Stromrechnung zahlen. Die sich daraus ergebende Entlastung sollen Stromanbieter in vollem Umfang an ihre Endverbraucher weitergeben.

# Batteriespeicher

---

Werden in den einzelnen Bundesländern über die jeweiligen Investitionsbanken mit Zuschüssen gefördert.

Hessen: nur regional

Rheinland-Pfalz: 500 bis 1000.- €

# BAFA und KFW

Die Effizienzhaus-Standards im Neubau.  
Je besser der Standard, desto geringer die Energiekosten.



## Bafa und KfW

---

<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/F%C3%B6rderprodukte/F%C3%B6rderprodukte-f%C3%BCr-Bestandsimmobilien.html>

# Sonnenenergie

---

Sonnenenergie bezeichnet man auch als Solarenergie und ist eine klassische erneuerbare Energie. Dabei wird die Energie der Sonne bzw. der Sonnenstrahlung technisch genutzt, zum Beispiel durch Photovoltaik zur Erzeugung von elektrischem Strom, durch eine Solarthermie zur Produktion von Wärme, aber auch für die Nutzung als chemische Energie.

# Wie entsteht Sonnenenergie?

---

Die Sonne besteht zu 70 Prozent aus Wasserstoff, zu 28 Prozent aus Helium und zu zwei Prozent aus anderen Metallen.

Im Inneren der Sonne finden Kernfusionsprozesse statt, bei denen sich aus Wasserstoff durch Verschmelzung der Atomkerne Helium bildet.

Diese Kernfusion sorgt dafür, dass die Sonnenstrahlung in elektromagnetischen Wellen die Erde trifft. Die Sonne wird zwar ihren Wasserstoffvorrat irgendwann verbraucht haben – dies wird aber erst in ein paar Milliarden Jahren der Fall sein, sodass die Sonne ein endloses Energiepotenzial für den Menschen hat.

Die Energie der Sonnenstrahlung ist fast immer konstant und die Sonne die größte, verfügbare Energiequelle für die Menschheit.

# Wie kann man Sonnenenergie nutzen?

---

Die Sonnenenergie lässt sich auf vielfache Art und Weise nutzen. Beispiele zur Nutzung von Solarenergie:

**Photovoltaik:** Mithilfe von Photovoltaikmodulen bzw. Solarzellen lässt sich die Sonnenstrahlung in elektrischen Strom umwandeln.

**Solarthermie:** Bei der Solarthermie wird die Sonnenenergie mithilfe von Sonnenkollektoren für die Erzeugung von Wärme genutzt, zum Beispiel für Warmwasser oder für Heizungsanlagen.

**Indirekte Nutzung in Kombination mit Windkraft, Wasserkraft und Bioenergie:** Die Windenergie läuft über Windströmungen, die die Sonne antreibt. Auch Wasserkraft arbeitet indirekt mit Solarenergie, da diese dafür sorgt, dass sich hoch gelegene Wasserreservoirs über Niederschläge wieder auffüllen. Bioenergie nutzt die Sonnenenergie ebenfalls indirekt. Hier wird die während des Wachstums gespeicherte Sonnenenergie von Pflanzen zur Erzeugung von Strom- oder Wärme genutzt – entweder durch direkte Verbrennung (Holz) oder Aufbereitung (Biogas).



## Welche Vorteile bringt die Sonnenenergie?

Sonnenenergie kann man grenzenlos nutzen, denn sie ist eine unerschöpfliche Energiequelle.

Sie ist im Grunde überall verfügbar, denn es herrschen keine politischen Abhängigkeiten, wie beispielsweise bei Erdöl.

Die Umweltbelastungen durch Solarenergie sind gering (hierzu zählt zum Beispiel die Produktion von Photovoltaikanlagen, die aber stets verbessert wird).

## Gibt es Nachteile bei der Sonnenenergie?

Solarenergie ist zeitlich begrenzt (Tag-Nacht-Rhythmus, Jahreszeiten) und hängt von regionalen Gegebenheiten, wie dem Wetter, ab.

Die Sonneneinstrahlung hat eine geringe Leistungsdichte (ein Teil der eingestrahnten Leistung wird von der Atmosphäre absorbiert), sodass man für eine gegebene Leistung eine relativ große Fläche benötigt, zum Beispiel auf dem Dach in Form von Photovoltaikmodulen. Die geringe Leistungsdichte führt somit zu höheren Materialkosten.

## Wie steht es um die jährliche Ausbeute von Sonnenenergie?

Die jährliche Ausbeute von Sonnenkollektoren oder Photovoltaikanlagen ist im hohen Maße abhängig von den klimatischen Gegebenheiten. Hier kommt es aber auch auf die jeweilige Solaranlage an: Anlagen der Solarthermie wie solarthermische Kraftwerke funktionieren nur bei starker direkter Sonneneinstrahlung gut. Photovoltaikanlagen hingegen bringen auch bei diffusem Licht eine gute Leistung.

# Lohnt sich eine Solaranlage in Deutschland?

---

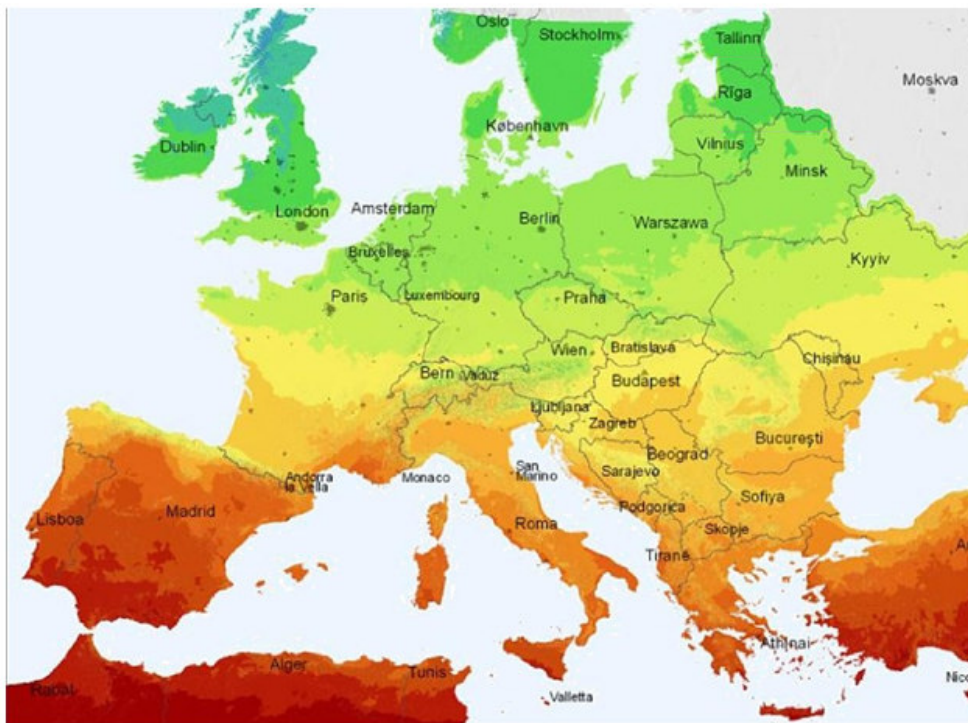
Die eingestrahelte Energie der Sonne ist je nach Jahreszeit, Breitengrad und Uhrzeit nicht überall auf der Erde gleich stark. Das heißt aber nicht, dass sich die Nutzung der Sonnenenergie in den weniger strahlungsintensiven Regionen nicht rentiert.

Deutschland ist im Vergleich eher strahlungsarm, aber auch hier liegt die Menge der eingestrahelten Energie der Sonne bei **900 bis 1.100 kWh pro Quadratmeter**.

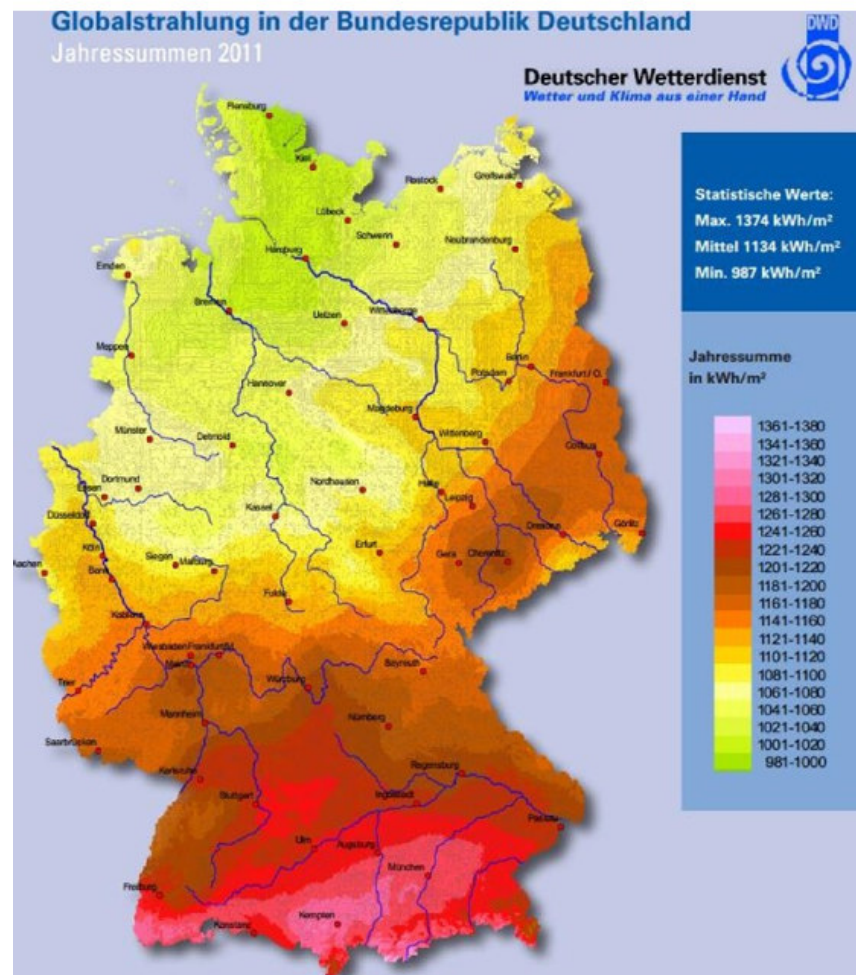
Der **Primärenergiebedarf** eines Systems umfasst zusätzlich zum eigentlichen Energiebedarf an einem Energieträger die Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung des Energieträgers benötigt wird.

Eine Solaranlage bzw. die Erzeugung von Strom oder Wärme durch Sonnenenergie lohnt sich also!

## Globalstrahlung



Durchschnittliche jährliche Summe (4/2004 - 3/2010)



# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

## Ausgangsstoff Silizium

Nahezu 95 Prozent aller Solarzellen werden aus dem Quarzsand Silizium (Si) hergestellt.

Silizium (Si) stellt eins der häufigsten natürlichen in der Erdschicht vorhandenen Elemente dar. Silizium gilt als unerschöpflich. Um aus dem Quarzsand – natürlicher Ursprung von Silizium – eine Siliziumscheibe zu formen muss der Quarzsand zunächst gereinigt und kristallisiert werden.

Das fertige Produkt wird im Anschluss in Scheiben gesägt, gezielt verunreinigt und mit Leiterbahnen versehen. Diese werden zum Stromtransport benötigt.



# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

Fällt nun Licht auf die Siliziumscheibe, werden Elektronen freigesetzt. Um diese Elektronen nutzen zu können muss die Ober- und Unterseite einer jeden einzelnen Zelle mit unterschiedlichen Fremdatomen gezielt verunreinigt werden. Häufig kommen hier Bor (Br) und Phosphor (P) zum Einsatz.

Dank der gezielten Verunreinigung der Zelle sammeln sich die Elektronen (negative Ladungsträger) auf der einen Seite und die Protonen (positive Ladungsträger) auf der anderen Seite. Auf diese Art und Weise entstehen ein Plus- und ein Minuspol, welcher mit einer Batterie vergleichbar ist.

Wird im Nachgang ein Verbrauchsgerät angeschlossen fließt der Strom.

# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

Die kleinen Zellen sind so funktional, dass sie sogar bei geringen Lichtstärken, wie sie beispielsweise bei schlechtem Wetter oder bewölktem Himmel auftreten, Strom erzeugen können. Jedoch ist die Stromstärke immer proportional zur einfallenden Lichtstärke. Analog bedeutet das:

**Je höher die Sonneneinstrahlung, je mehr Solarstrom wird durch die Photovoltaikanlage produziert.**



# Funktionsweise einer PV-Anlage

Man unterscheidet generell in drei unterschiedliche Zelltypen. Zu den Kristallarten zählen:

## 1. Monokristalline Zellen

## 2. Polykristalline Zellen

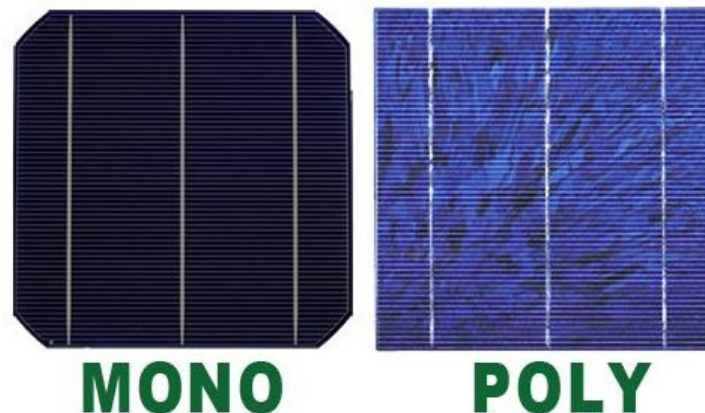
## 3. Amorphe Zellen

ZELLTYP	WIRKUNGSGRAD
monokristallin	20 - 22 %
polykristallin	15 - 20 %
amorphes Silizium	8 %

# Funktionsweise einer PV-Anlage

## 1. Monokristalline Zellen

Monokristalline Siliziumzellen werden aus einem hochreinen Halbleitermaterial gefertigt. Einkristalline Stäbe werden aus der Siliziumschmelze gezogen und im Anschluss in 0,25 Millimeter dünne Scheiben gesägt. Dieses spezielle Herstellungsverfahren garantiert einen hohen Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad der monokristallinen Solarzelle erreicht zwischen **20 bis 22 Prozent**.

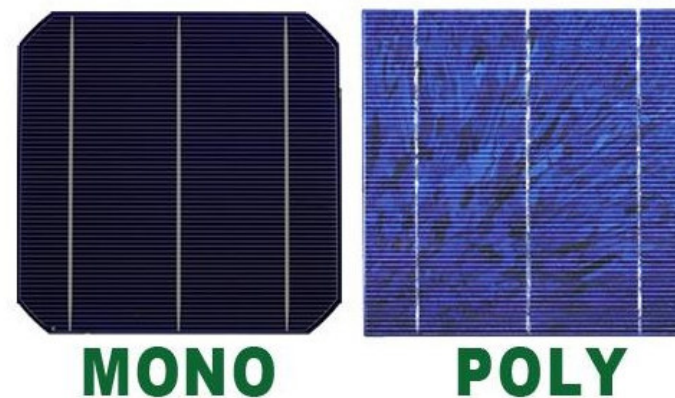


# Funktionsweise einer PV-Anlage

## 2. Die Polykristalline Solarzelle

Etwas kostengünstiger in der Herstellung gestalten sich die polykristallinen Zellen. Flüssiges Silizium wird zur Herstellung von Polykristallinen Solarzellen zunächst in Blöcke gegossen. Bei Erstarrung zeichnet sich eine typische Eisblumenstruktur aus einer Vielzahl von einzelnen Kristallen ab. Diese Kristallstruktur bildet sich unterschiedlich groß. An den äußeren Grenzen treten Defekte auf. Aufgrund dieser Kristalldefekte beträgt der Wirkungsgrad einer polykristallinen Solarzelle lediglich 15 bis 20 Prozent.

Die Monokristalline Solarzelle ist damit effektiver als die polykristalline Solarzelle.

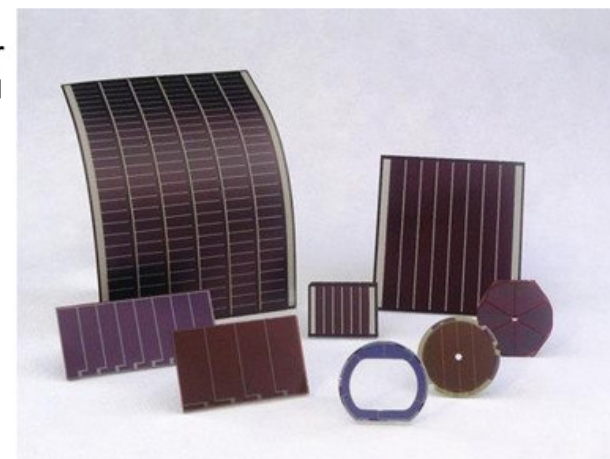


# Funktionsweise einer PV-Anlage

## 3. Die Amorphen Solarzellen/ Dünnschichtzellen

Amorphe Solarzellen werden auch als Dünnschichtzellen bezeichnet. In der Herstellung werden die photoaktiven Halbleiter als eine dünne Schicht auf eine Glasscheibe aufgebracht. Direkt zu Modulen verschaltet werden die amorphen Solarzellen mit einer zweiten Glasplatte hermetisch versiegelt. Die Dicke der Schichten betragen weniger als 1  $\mu\text{m}$ . Aufgrund der geringeren Materialkosten fallen auch die Kosten der Produktion im Wesentlichen geringer aus.

Dünnschichtsolarmodule stellen eine kostengünstige Option zur Nutzung von Sonnenenergie dar. Der Wirkungsgrad liegt einer Dünnschichtzelle liegt jedoch lediglich bei 6 bis 8 Prozent. Einen etwas höheren Wirkungsgrad der Dünnschichtzelle kann man beispielsweise mit neuen Materialien gewinnen. Dazu zählen Cadmium-Tellurid (CdTe) sowie Kupfer-Indium-Diselenid (CIS). Der Wirkungsgrad einer Dünnschichtzelle kann auf 8 bis 10 Prozent erhöht werden.



# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

## **Der Wirkungsgrad**

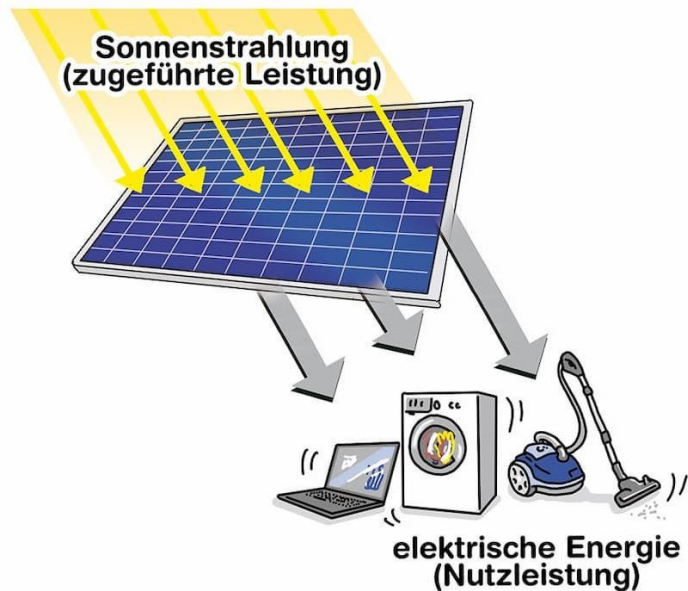
„Entscheidend ist, was hinten rauskommt“, sagte ein ehemaliger deutscher Bundeskanzler einmal. Auf die Photovoltaik übertragen heißt das: Wirkungsgrad.

Er gibt, einfach ausgedrückt, an, wie viel Prozent der eintreffenden Sonnenenergie von einer PV-Anlage in Strom umgewandelt werden kann.

Die bestehen jedoch aus unterschiedlichen Komponenten wie den Solarmodulen und dem Wechselrichter, die jeweils eigene Wirkungsgrade aufweisen. Bei der Gesamtbetrachtung der Leistungsfähigkeit eines Photovoltaik-Systems kommt es also auf die Details und das möglichst optimale Zusammenspiel der einzelnen Bauteile an.

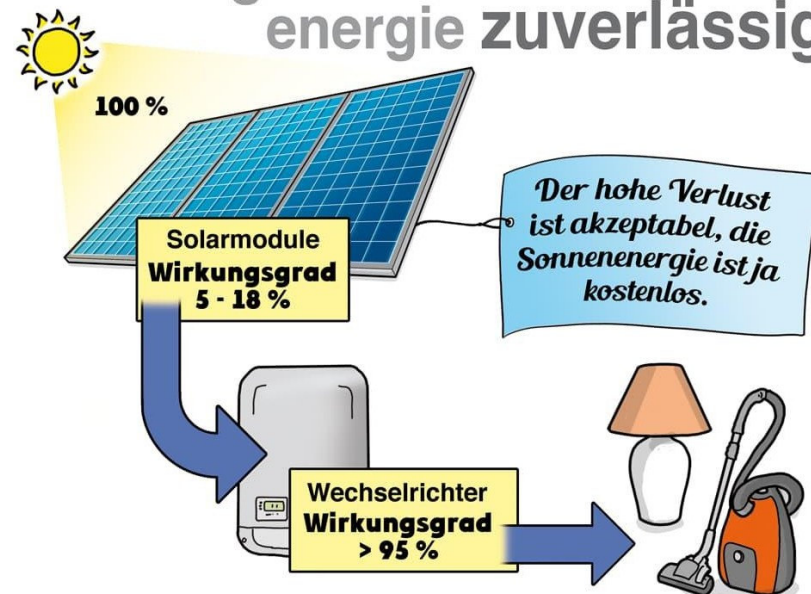


## Funktionsweise einer PV-Anlage



$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{erzeugter Strom}}{\text{Sonnenstrahlung}}$$

Eine gut abgestimmte  
Anlage verwertet Sonnen-  
energie zuverlässig



# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

## Der Wirkungsgrad

**Lassen Sie sich von den vermeintlich enttäuschenden Zahlen nicht enttäuschen. Bei der Investition in eine Photovoltaik-Anlage ist zu berücksichtigen, dass die Ressource Sonnenenergie umsonst und umweltfreundlich ist. Zudem sind die Anlagen, wenn sie einmal laufen und gut eingestellt sind, effizient und wartungsarm. Auch wenn hier und da die letzten Reserven nicht gehoben werden können, lohnt sich das Vorhaben meist trotzdem aus ökonomischer Sicht – aus ökologischer sowieso.**

# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

## Die Systemtechnik einer Photovoltaik Solaranlage

Eine Photovoltaikanlage kann man in eine netzgekoppelte Anlage oder ein Inselssystem unterscheiden.

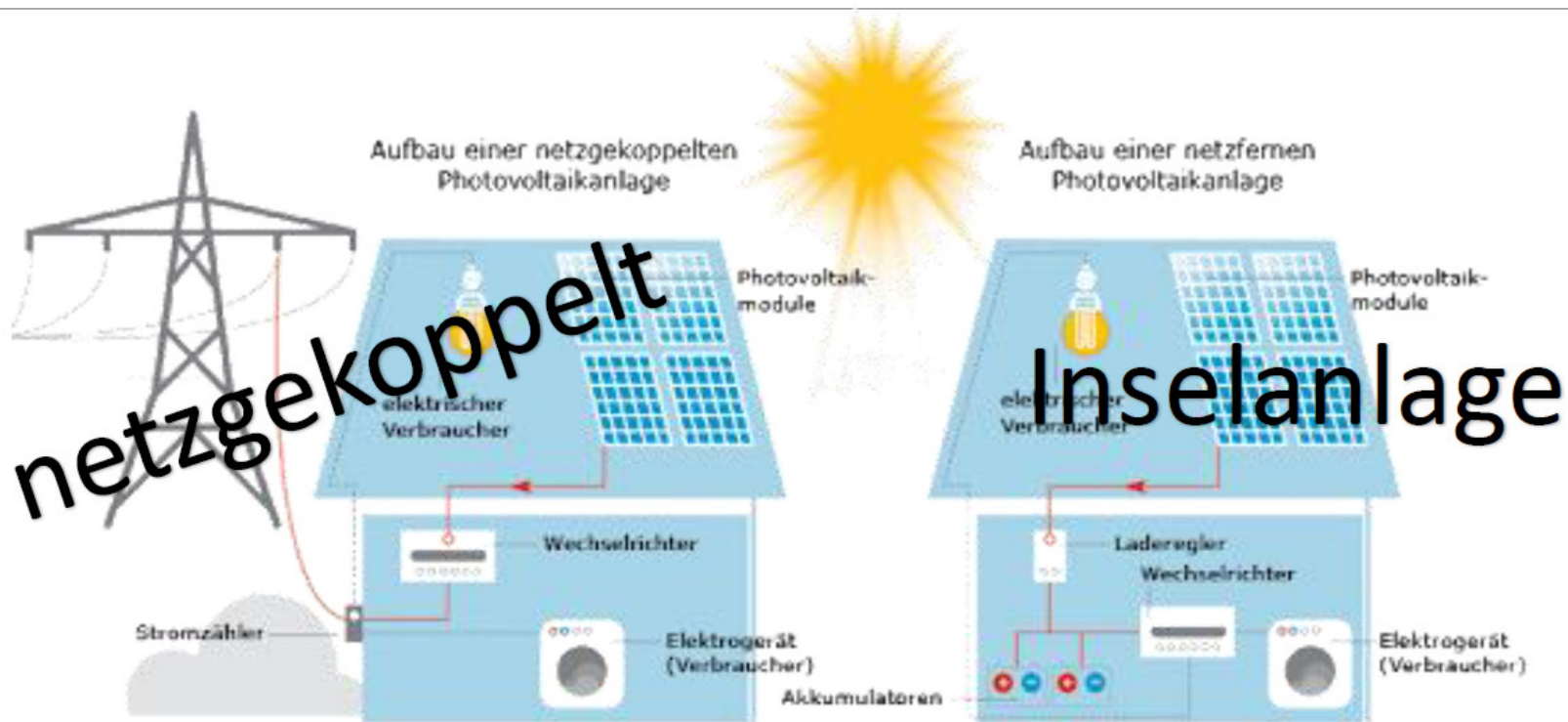
Der Solargenerator bei **netzgekoppelten Anlagen** erzeugt mit Hilfe des Sonnenlichts Gleichstrom. Dieser wird von einem Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt. Nur so kann die gewonnene Energie in das lokale Nieder- oder Mittelspannungsnetz eingespeist werden.

Das Nieder- oder Mittelspannungsnetz bildet in diesem Fall den Energiespeicher. Die Einspeisung und der Verbrauch sind zumeist im eigenen Haus nicht synchron.

In Regionen ohne Netzanbindung werden sogenannte **Inselssysteme** mit einem Energiespeicher in Form einer Batterie verwendet.



# Funktionsweise einer PV-Anlage



# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

## Das Photovoltaikmodul

In einem Photovoltaikmodul sind in der Regel 60 hauchdünne und zerbrechliche 15 x 15 Zentimeter große Solarzellen zusammengefasst und miteinander verlötet. Zum Schutz vor Feuchtigkeit und Korrosion sind diese mittels einer Schicht aus Kunstharz luftdicht mit der Frontscheibe des Moduls verbunden. Dieses Sicherheitsglas ist sehr widerstandsfähig und antireflektierend. Es bietet ausreichend Schutz vor Schneelasten, Regen, Hagel, Wind und Stößen.

Ein robuster Rahmen aus Aluminium hält das Ganze dauerhaft zusammen.

Die Modulabmessungen betragen 1.650 x 992 Millimeter. Gab es früher viele verschiedene Modulgrößen, hat man sich heute auf Standardgrößen geeinigt, um die Montage zu erleichtern. Sonderformen sind aber natürlich weiterhin erhältlich. (ca. 1,7m<sup>2</sup>)

# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

Im Durchschnitt verfügen die Module über eine Leistung zwischen 180 und 320 Watt. Alle Solarmodule werden nach gängigen Standards gefertigt und unterliegen einer ständigen Kontrolle. Höchste Qualität ist somit garantiert.

Ein Solarmodul zählt mit einem Gewicht von 10 bis 15 Kilogramm pro Quadratmeter zu den Leichtgewichten. Die Größe des Solarmoduls kann variieren. Größen bis zu 3 Quadratmeter sind jedoch keine Seltenheit.

Auf dem Markt sind mittlerweile auch Solardachziegel erhältlich. Diese werden auf dem Dach montiert wie gewöhnliche Dachziegel.

# Funktionsweise einer PV-Anlage

Ausflug Solardachziegel



# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

## **Ausflug Solardachziegel**

Solardachziegel sehen herkömmlichen Dachpfannen sehr ähnlich und bieten dadurch ein optisch ansprechendes Dach, das zusätzlich auch noch Strom produziert.

Was die Kosten-Nutzen-Rechnung betrifft, fallen sie allerdings im Vergleich zu einer Solaranlage stark ab. Selbst, wenn ein besonders ertragreiches Modell mit hohem Wirkungsgrad benutzt wird, sind die Ziegel mindestens ein Drittel schlechter im Ertrag als Solarmodule. Oft werden sogar nur 50 Prozent Stromertrag bei gleicher Fläche erreicht. Beim Blick auf die finanziellen Aspekte stellt sich also schnell heraus: Es rechnet sich eher, eine herkömmliche Solaranlage auf dem Dach zu installieren.

Das Verlegen und Anschließen der Solardachziegel ist aufwendig. Jede Dachpfanne, die Strom liefern soll, muss einzeln mit der heimischen Anlage verbunden werden. Der Elektriker, der die Solardachziegel installiert, muss viel Aufwand und Arbeitszeit aufbringen.



# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

## Ausflug Solardachziegel

### **Vorteile Solardachziegel**

Ansprechende Ästhetik

Geeignet für denkmalgeschützte Häuser u.ä.

### **Nachteile Solardachziele**

Höhere Kosten pro kWp

Schlechterer Ertrag als herkömmliche Solarmodule  
(mindestens 1/3 weniger Ertrag)

Aufwendige Installation: Höhere Kosten für  
Handwerker

Aufwendigere Reparaturen

# Funktionsweise einer PV-Anlage

---

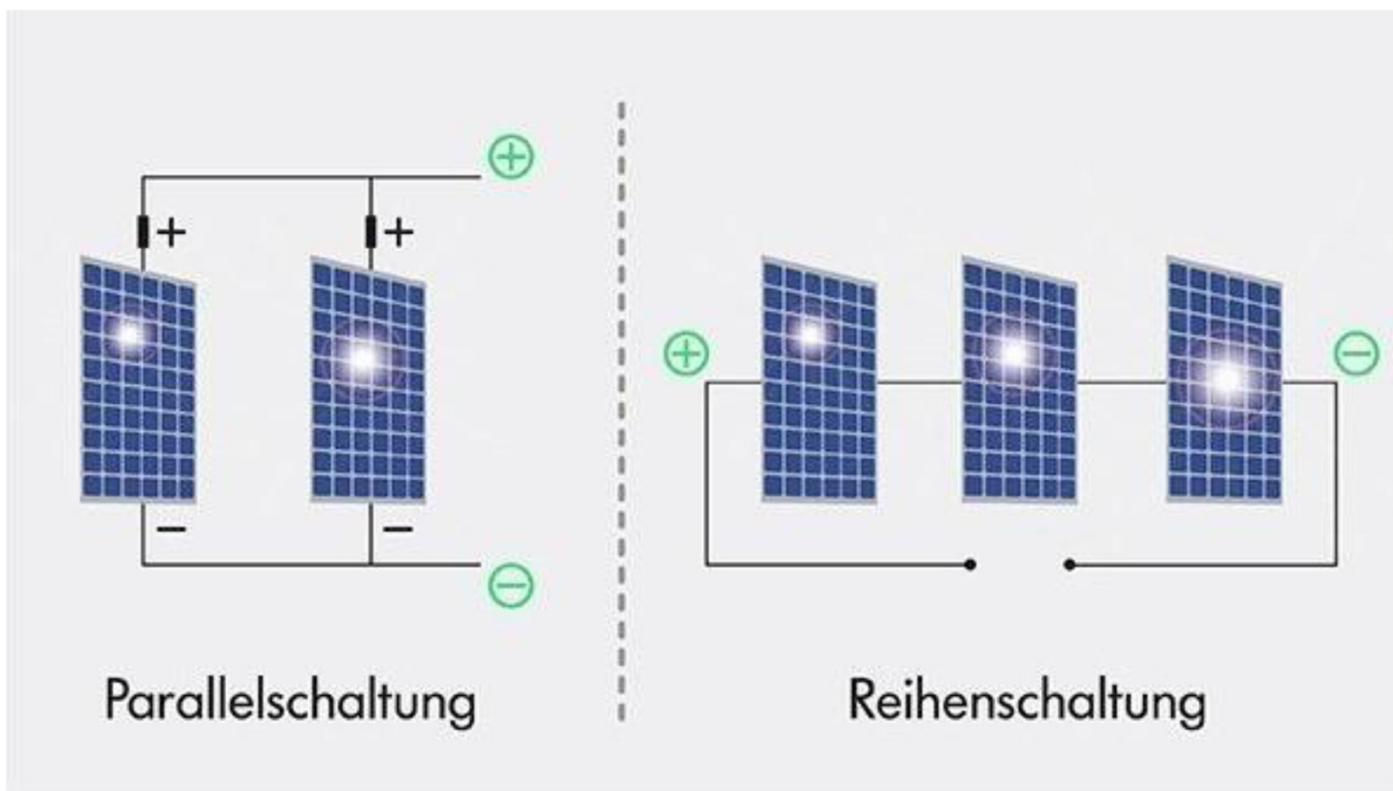
## Die Parallel- und Reihenschaltung

Grundsätzlich gibt es beim Anschluss der Solarmodule an den Wechselrichter zwei Grundschaltungen. Die Parallel- und die Reihenschaltung.

Bei der Parallelschaltung kommt es zu keinem merklichen Leistungsabfall bei Teilverschattungen. Durch die niedrigere Gesamtspannung treten weniger Risiken auf. Allerdings ist die Verkabelung sehr aufwendig, da alle Photovoltaik Module mit langen Kabeln an den zentralen Wechselrichter herangeführt werden müssen.

Die Reihenschaltung hat den Vorteil, dass die Verkabelung sehr einfach ist und wenig Material und Aufwand benötigt wird. Die Photovoltaik Module werden direkt auf dem Dach hintereinander verkabelt und die Gesamtenergie wird mit einem einzigen langen Solarkabel an den Wechselrichter herangeführt. Allerdings besteht der Nachteil, dass das schwächste Glied der Kette die Gesamtleistung bestimmt. Kommt es zum Beispiel zu einer Verschattung eines Solarmoduls, fällt die Leistung des kompletten Strangs rapide ab, da der Strom durch das verschattete Modul geleitet werden muss. Durch den Einsatz von Bypass-Dioden kann dieser Effekt gemindert werden.

## Funktionsweise einer PV-Anlage





# Funktionsweise einer PV-Anlage

Verschaltungen beim Einsatz von Stringwechselrichtern

Bei den meisten heute installierten Photovoltaikanlagen werden Stringwechselrichter eingesetzt. Dabei werden die Photovoltaik Module je nach Anzahl und Verschattungssituation, zu einzelnen Strängen möglichst gleicher Modulleistung zusammengeschaltet. Sind mehrere Strings im Einsatz, kommen entweder einzelne Stringwechselrichter, die auf Wechselstromseite parallel geschaltet sind, oder ein Multistringwechselrichter, der einzelne Wechselrichter in einem Gerät vereint, zum Einsatz.

Trifft man eine geeignete Modul-Wahl bei der Verschaltung der Strings, erzielen diese Photovoltaikanlagen trotz Reihenschaltung und Verschattungen auch sehr gute Wirkungsgrade.

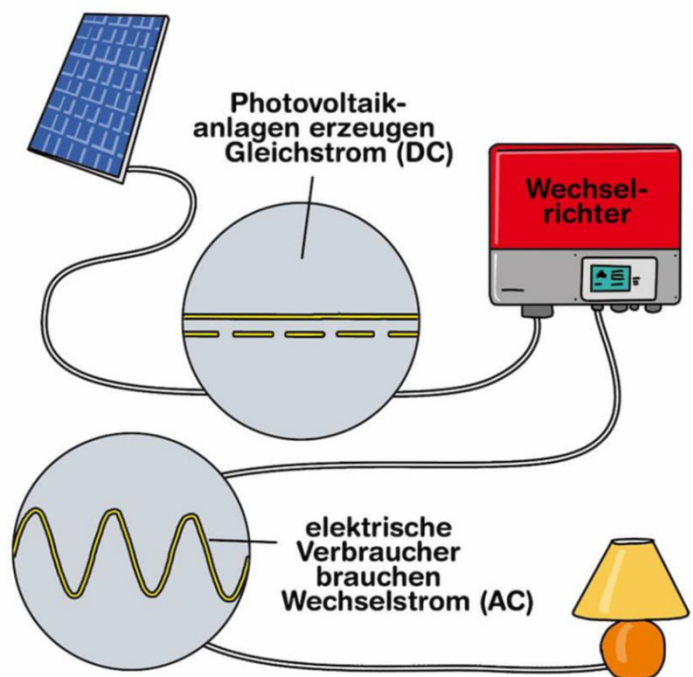
# Funktionsweise einer PV-Anlage

## Der Wechselrichter

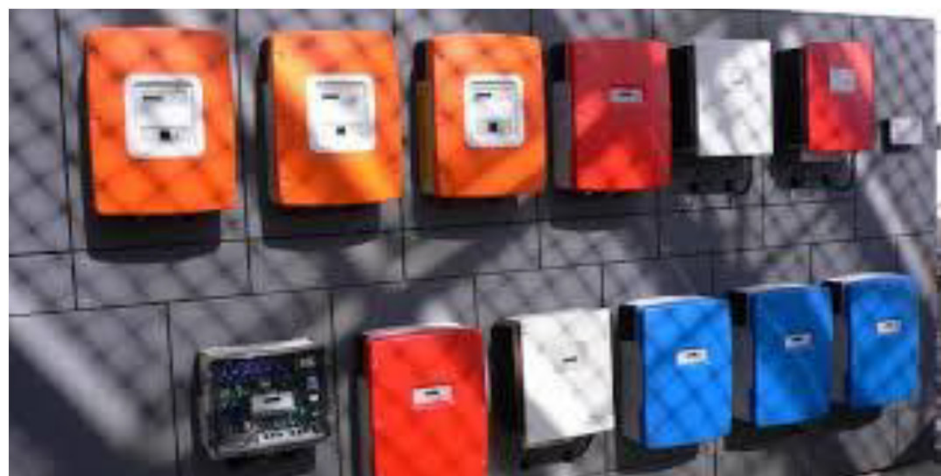
Der Wechselrichter wandelt den von der Photovoltaikanlage erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um. Dies ist notwendig, weil unser Stromnetz und alle Verbraucher auf Wechselstrom ausgelegt sind. Jeder Wechselrichter ist mit einer Kommunikationsschnittstelle zur Photovoltaikanlage ausgestattet, um Spannung, Stromstärke und aktuelle Leistung zu überwachen. Störungen werden auf diese Weise schnell erkannt. Zudem können die Ertragsdaten an Energiemanagementsysteme übermittelt werden.

Damit ein möglichst hoher Solarertrag erzielt wird, ist es wichtig, die Solarmodule immer möglichst nah am Maximum-Power-Point (MPP) zu betreiben. Diese Funktion nennt man MPP-Tracking und wird normalerweise vom Wechselrichter übernommen. Der Wechselrichter sorgt hierbei durch regelmäßige und gezielte Veränderung des Innenwiderstands dafür, dass sich die Solarmodule permanent im MPP befinden. So liefern sie kontinuierlich das Leistungsoptimum.

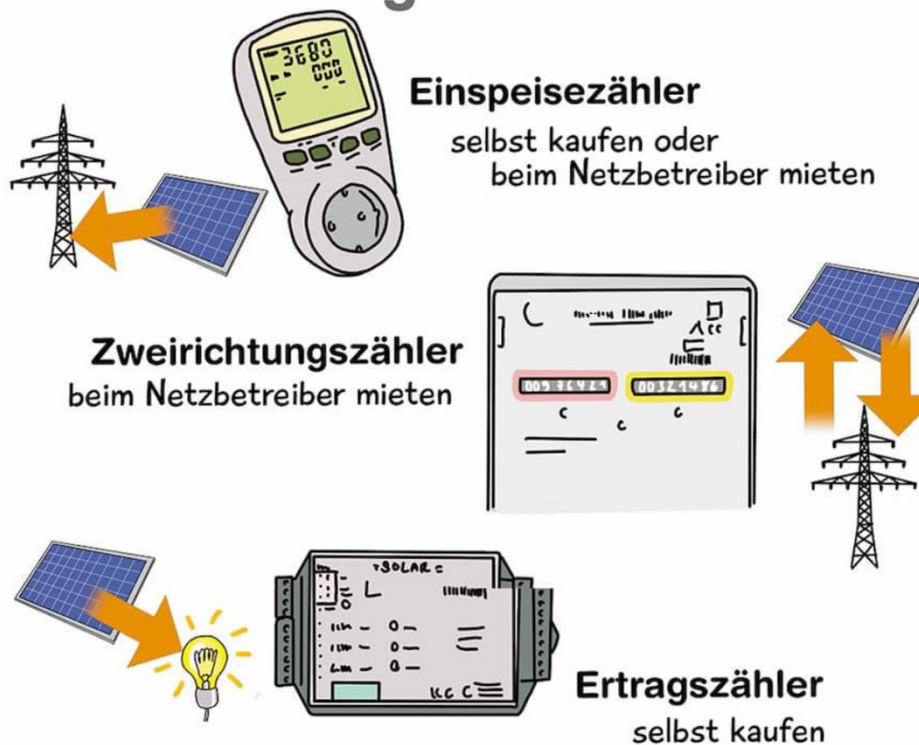
## Funktionsweise einer PV-Anlage



**Der Wechselrichter**  
wandelt Gleichspannung  
in Wechselspannung um



# Stromzähler gehört dazu.

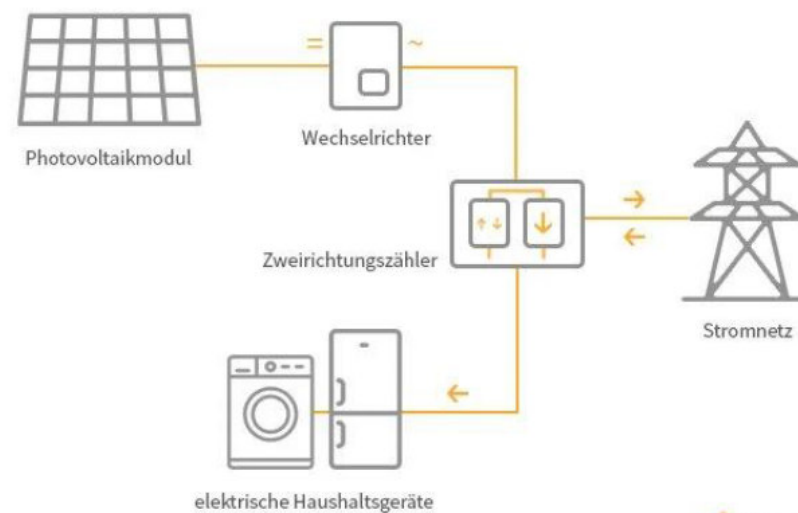


# Funktionsweise einer PV-Anlage

## Die Zähler

**Zweirichtungszähler:** Hierbei handelt es sich um die Kombination aus Einspeisezähler und Bezugszähler in einem Gerät. Ein Zählwerk misst die eingespeiste Strommenge, ein zweites Zählwerk die aus dem Netz bezogene Strommenge. Durch den Zweirichtungszähler wird quasi ein Zähler weniger benötigt und es entsteht mehr Platz im Zählerschrank.

## Zweirichtungszähler





# Batteriespeicher

---



# Batteriespeicher

---

Während im Jahr 2013 nur 5.000 PV-Anlagen mit Speicher installiert waren, zählt die Statistik im Jahr 2020 bereits 272.000.

Dabei ist der Strom- oder Batteriespeicher eine wichtige Komponente: In diesem kann der zu viel produzierte Strom verwahrt werden, um ihn dann bei Bedarf zur Verfügung stellen zu können.

Das kann mangels Sonne in der Winterzeit vorkommen, oder wenn zu viel Energie verbraucht wird. Der Akku sorgt dafür, dass der Strom gespeichert wird.

# Batteriespeicher

---

Die Photovoltaikanlage produziert nur dann Strom, wenn sie von der Sonne versorgt wird. Bei schlechtem Wetter wird die Produktion reduziert und es kann so zu Versorgungsengpässen kommen. Diesen Engpässen beugt der Solarspeicher vor:

Er gibt dann Energie ab, wenn die PV-Anlage keine mehr zur Verfügung stellen kann. So ist es nicht nötig, den Strom an das Netz abzugeben und später wieder mit hohen Kosten zurückzukaufen. Dadurch kannst du deine Stromkosten reduzieren.

Zum Zeitpunkt an dem kein Strom produziert wird, z.B. Nachts, kann so Strom aus dem Speicher entnommen werden, ohne teuren Strom aus dem Netz zu nutzen.



# Batteriespeicher

---

Die Photovoltaikanlage produziert nur dann Strom, wenn sie von der Sonne versorgt wird. Bei schlechtem Wetter wird die Produktion reduziert und es kann so zu Versorgungsengpässen kommen. Diesen Engpässen beugt der Solarspeicher vor:

Er gibt dann Energie ab, wenn die PV-Anlage keine mehr zur Verfügung stellen kann. So ist es nicht nötig, den Strom an das Netz abzugeben und später wieder mit hohen Kosten zurückzukaufen. Dadurch kannst du deine Stromkosten reduzieren.

Zum Zeitpunkt an dem kein Strom produziert wird, z.B. Nachts, kann so Strom aus dem Speicher entnommen werden, ohne teuren Strom aus dem Netz zu nutzen.

Die elektrische Energie, die von der PV-Anlage produziert wird, wandelt der Akku in chemische Energie um und speichert diese in der Batterie.

Dieser Prozess funktioniert auch umgekehrt, wenn man die elektrische Energie dann wieder benötigt. Energiestromspeicher sind in der Lage mehrere Tausende von Ladezyklen durchzuführen. Die Ladezyklen sind vom Aufbau der Batterie abhängig.

# Batteriespeicher

---

## Die Batterie

Der Akku besitzt zwei Elektroden, eine positive und eine negative. Sie sind in einer Flüssigkeit eingebettet, einem sogenannten Elektrolyten, der den Sauerstofftransport gewährleistet.

Die positive Elektrode (Anode) ist für die Elektronenaufnahme zuständig, die negative (Kathode) für die Abgabe. Ionen und Elektronen, die sich in einem extra Stromkreis zwischen Anode und Kathode bewegen, bilden Atome.

# Batteriespeicher

---

Blei-Säure-Batterien

Lithium-Ionen-Batterien

Redox-Flow-Batterien

Natrium-Nickelchlorid-Batterien



# Batteriespeicher

## **Blei-Säure-Batterien**

Technisch gesehen funktionieren die Blei Säure Akkus für PV-Anlagen nicht anders als herkömmliche Akkus:

In ihrem Inneren wird beim Aufladen elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt. Beim Entladen kann diese gespeicherte Energie dann wieder in elektrische Energie umgewandelt werden.

Beim Blei Säure Akku tritt diese Reaktion zwischen Blei-Elektroden und Schwefelsäure auf. Beim Laden bildet sich ein Blei-Sulfat um die Blei-Elektroden. Dieses löst sich beim Entladen zwar wieder, es bleiben aber immer kleinere Blei-Sulfat-Rückstände zurück, die dann im Laufe der Zeit die Speicher-Leistung schwächen und somit auch die Nutzungsdauer verkürzen.

# Batteriespeicher

## Lithium-Ionen-Batterien

Der Einsatz moderner Lithium-Ionen Akkus bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich, die einfache Blei-Akkus nicht liefern können.

Zum einen besitzen diese eine wesentlich höhere Lebensdauer als Blei-Speicher. Ein Lithium-Ionen Akku ist in der Lage, über einen Zeitraum von knapp 20 Jahren Solar-Strom zu speichern.

Die Anzahl der Ladezyklen und die Entladetiefe sind ebenfalls um ein Vielfaches größer, als bei Blei-Akkus.

Aufgrund des unterschiedlichen Materialeinsatzes bei der Produktion sind Lithium-Ionen Akkus zudem wesentlich leichter als Blei-Akkus und auch kompakter. Bei der Installation nehmen diese also auch weniger Platz weg. Auch in Sachen Selbstentladung weisen Lithium-Ionen Akkus bessere Speichereigenschaften auf.

Außerdem darf man nicht den Umwelt-Aspekt vergessen: Denn Blei-Akkus sind in ihrer Produktion aufgrund des eingesetzten Bleis nicht besonders umweltfreundlich.



# Batteriespeicher

## Redox-Flow-Batterien

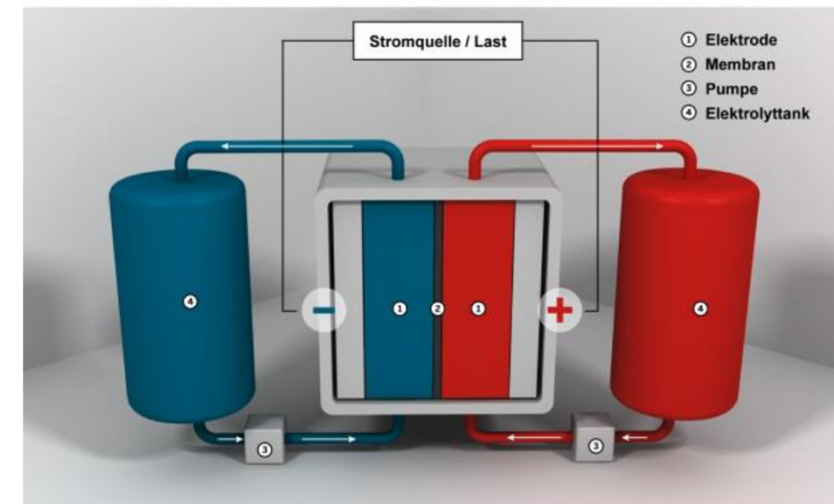
Bei der Redox-Flow-Batterie zirkulieren die beiden energiespeichernden Elektrolyte in getrennten Kreisläufen, zwischen denen in der Zelle mithilfe einer Membran der Ionenaustausch erfolgt.

Durch die separate Speicherung der flüssigen Elektrolyte in Tanks kommt es bei Anlagenstillstand zu nur marginaler Selbstentladung. Dank dieses Vorteils ist die Redox-Flow-Batterie beispielsweise als unterbrechungsfreie Stromversorgung prädestiniert.

Abhängig von den verwendeten Materialien für den Elektrolyt bestehen folgende Vorteile unterschiedlicher Redox-Flow-Batterien:

- Gute Sicherheit (nicht brennbar, explosionssicher)
- Gute Recyclingfähigkeit, einfache Rückgewinnung der Aktivsubstanzen
- Hohe Lebensdauer von 15 bis 20 Jahren wahrscheinlich

Funktionsweise einer Redox-Flow-Batterie:  
Elektro-chemische Stromspeicherung



© EnergieAgentur.NRW

EnergieAgentur.NRW

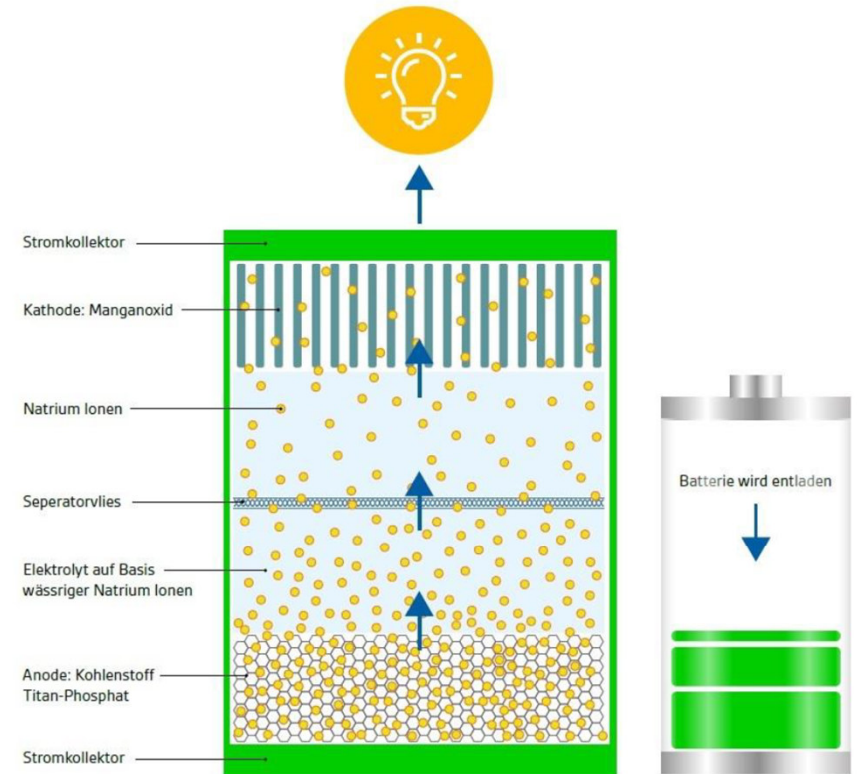
# Batteriespeicher

## Natrium-Nickelchlorid-Batterien

Beim Laden der Batterie wird das Kochsalz in seine Bestandteile Natrium und Chlor aufgespalten. Das positiv geladene Natrium-Ion wandert durch den Elektrolyten und fängt ein Elektron ein. Auf der anderen Seite entsteht ein Nickel-Chlorid-Salz. Beim Entladen kehrt sich das ganze um. Das Chloratom verbindet sich wieder mit dem Natrium, Nickel bleibt zurück.

Die Salzbatterie hat ihren Ursprung in Südafrika. Die AEG, der längst nicht mehr existierende Konkurrent von Siemens, brachte sie zur Serienreife. Doch das Interesse der Welt war verschwindend gering, wie so oft bei innovativen AEG-Entwicklungen, die ihrer Zeit weit voraus waren. Daimler nutzte sie nach der Übernahme von AEG zeitweise in Prototypen von Elektroautos. Da sie aber eine lange Ladezeit benötigt und Strom relativ gemächlich abgibt hatte sie im mobilen Bereich keine Zukunft.

03.05.2022



# Planung und Montage einer Anlage

---

Bei der Planung von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen), sollten im Vorfeld möglichst viele Fragen beantwortet werden, da jeder Planungsfehler erhebliche finanzielle Einbußen zur Folge haben kann. Planungsbüros und Installationsbetriebe arbeiten mittlerweile sehr professionell, sodass in der Vergangenheit viele wirtschaftlich arbeitende und qualitativ hochwertige Photovoltaik-Solaranlagen auf deutschen Dächern, Fassaden und Freiflächen entstanden sind.



# Planung und Montage einer Anlage

## **Bestimmung des Montageorts**

Bei der Wahl des geeigneten Montageortes, ist es zunächst wichtig, darauf zu achten, dass möglichst keine Objekte einen Schatten auf die Photovoltaikmodule werfen. So wurden in der Vergangenheit häufig Schornsteine, vorstehende Gauben, Gebäude oder auch Bäume bei der Planung nicht berücksichtigt. Dies hatte zur Folge, dass der Ertrag der Solaranlage gemindert wurde.

Weiterhin ist es optimal, wenn die Photovoltaikanlagen nach Süden ausgerichtet ist, damit möglichst lange Sonnenlicht auf die Solarmodule trifft und die Stromproduktion vorantreibt.

03.05.2022 INGENIEURBÜRO JAN PARUZYNSKI | JP-INGENIEURE | 89

# Planung und Montage einer Anlage

## **Bestimmung des Montageorts**

Werden nur Teile der Dachfläche genutzt, ist es ratsam die Module so weit wie möglich oben anzuordnen (unterhalb vom First), da dort die Verschattung am geringsten und die solare Strahlung am höchsten ist.

Da die Installation von PV-Modulen eine statisch veränderte Belastung für die Dachkonstruktion darstellt, sollte die Statik überprüft werden und evtl. Reparaturen durchgeführt werden.

Neben der Bestimmung der Anlagengröße und dem Montageort für die Solarmodule muss auch die Frage des Installationsorts für den Wechselrichter bzw. das Netzeinspeisegerät geklärt werden. Sehr gut geeignet sind trockene und kühle Räume wie z.B. der Keller eines Wohnhauses.

Da die Solarmodule über Solarkabel mit dem Wechselrichter verbunden sind, ist weiterhin zu klären, wie die Kabel verlegt werden. Möglichkeiten bieten sich z.B. in einem stillgelegten Kaminschacht oder außerhalb vom Gebäude.

# Planung und Montage einer Anlage

## **Installation der Solarmodule**

Die gängigste Form der Photovoltaik-Dachanlagen ist die Aufdachmontage, da diese in den meisten Fällen problemlos auf bereits bestehenden Dächern installiert werden kann. Dachintegrierte Photovoltaikanlagen hingegen, bedürfen eines höheren Aufwands und sind oftmals nur für Neubauten in Betracht zu ziehen. In jedem Fall, sollte bei der Planung darauf geachtet werden, dass alle wichtigen Voraussetzungen (statische Sicherheit, Schneebelastbarkeit und Sturmfestigkeit) erfüllt werden.

Informationen zur Schneebelastbarkeit erhalten Sie im Schneelastzonen-Verzeichnis. Die Solaranlage sollte so konstruiert sein, dass das Niederschlagswasser problemlos ablaufen kann. Da es in der Vergangenheit immer wieder zu Diebstählen von Solarmodulen gekommen ist, sollte in die Planung auch eine Diebstahlsicherung einfließen.

# Planung und Montage einer Anlage

## **Aufdach-Montagesysteme**

Für ein typisches Einfamilienhaus mit Schrägdach ist die Aufdachmontage mit einem Aufdach-Montagesystem üblich. Hier werden die Solarmodule mithilfe von Dachhaken und Schienen auf den Dachziegeln befestigt. Ein Aufdach-Montagesystem eignet sich für alle Dächer mit einer Dachneigung zwischen 20 und 60 Grad. Damit die Photovoltaikanlage während ihrer Betriebszeit nicht abmontiert werden muss, sollten Sie sicherstellen, dass Ihr Dach in einem guten Zustand ist und in den nächsten 20-25 Jahren nicht erneuert werden muss.

Die Photovoltaikmodule werden meist im Hochformat auf dem Dach installiert (Portrait). Eine horizontale Befestigung der Module (Landscape) kann sinnvoll sein, um Verschattungsverluste zu minimieren oder die zur Verfügung stehende Dachfläche optimal auszunutzen.

## Planung und Montage einer Anlage

---



# Planung und Montage einer Anlage

---

## **Dachhaken**

Dachhaken werden bei der Photovoltaik Montage auf Ziegeldächern aller Art eingesetzt. Je nach der Ziegelart müssen unterschiedliche Dachhaken verwendet werden. Ein Dachhaken hat die Aufgabe die Montageschienen, auf die die Photovoltaikmodule geklemmt werden, mit der Dachhaut zu verbinden.

Bei der Montage eines Dachhakens werden die Ziegel an dem Punkt, an dem der Dachhaken befestigt werden soll, zurückgeschoben. Anschließend wird der Dachhaken eingesetzt und auf dem Dachsparren verschraubt. Schließlich werden die Ziegel wieder zurückgeschoben und die Montageschienen werden an den Dachhaken befestigt

Teilweise müssen je nach Ziegelart, die Ziegel an der Stelle ausgeklinkt werden.

## Planung und Montage einer Anlage

---

### **Dachhaken**

Dachhaken werden bei der Photovoltaik Montage auf Ziegeldächern aller Art eingesetzt. Je nach der Ziegelart müssen unterschiedliche Dachhaken verwendet werden.

Ein Dachhaken hat die Aufgabe die Montageschienen, auf die die Photovoltaikmodule geklemmt werden, mit der Dachhaut zu verbinden. Bei der Montage eines Dachhakens werden die Ziegel an dem Punkt, an dem der Dachhaken befestigt werden soll, zurückgeschoben. Anschließend wird der Dachhaken eingesetzt und auf dem Dachsparren verschraubt.

Schließlich werden die Ziegel wieder zurückgeschoben und die Montageschienen werden an den Dachhaken befestigt.

Teilweise müssen je nach Ziegelart, die Ziegeln an der Stelle ausgeklinkt werden.



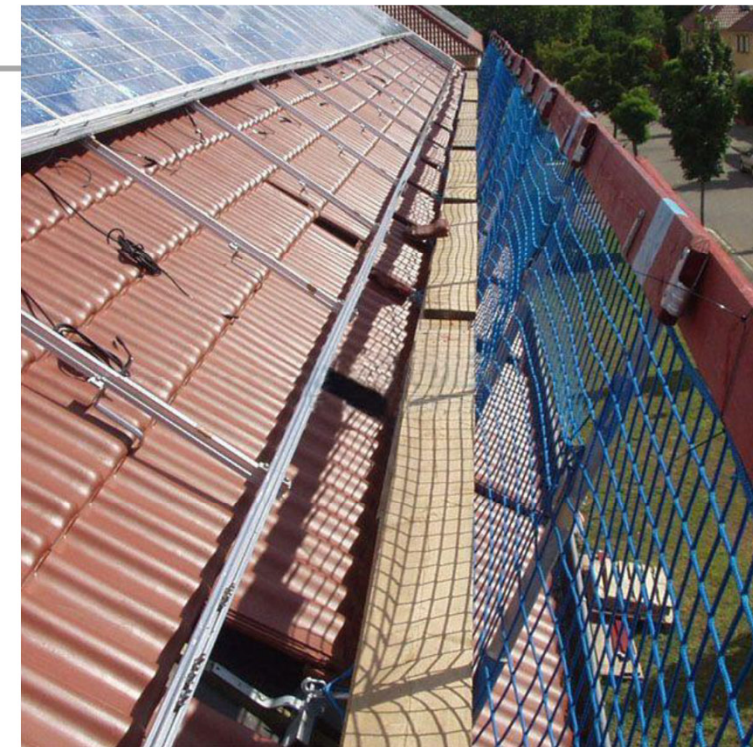


## Planung und Montage einer Anlage

### Montageschienen

Die Montageschienen dienen den Photovoltaikmodulen als Auflagepunkt. Damit die Module sicher befestigt sind, werden die Module mithilfe von Modulklemmen auf den Montageschienen fixiert.

Werden die Module im Hochformat installiert, sind in der Regel lediglich zwei horizontale Montageschienen pro Modulreihe nötig. Bei der Landscape Montage werden zusätzliche vertikale Montageschienen benötigt, um die Module zu befestigen.



# Planung und Montage einer Anlage

---

## Modulklemmen

Die Modulklemme fixiert die Photovoltaikmodule an den Montageschienen. Ein Modul wird mit jeweils vier Modulklemmen befestigt. Am Dachrand werden sogenannte Endklemmen eingesetzt, zwischen zwei Modulen verwendet man Mittelklemmen, die die Module miteinander verbinden. Auch Universalklemmen, die sowohl als Mittelklemme und als Endklemme einsetzbar sind, existieren bereits auf dem Markt.

<https://www.youtube.com/watch?v=ecgmETVNUsl>



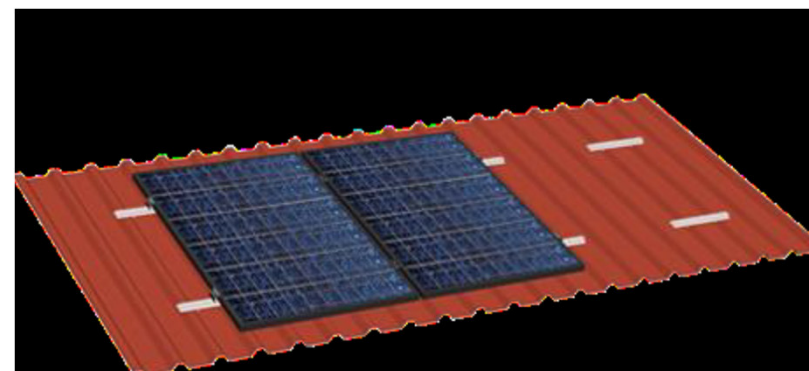
# Planung und Montage einer Anlage

---

## Blechdächer

Ist das Dach kein typisches Ziegeldach, sondern mit Trapezblech oder Wellblech eingedeckt, werden anstatt von Dachhaken lange Schrauben, sogenannte Stockschrauben, eingesetzt. Diese durchbohren das Blech und werden dann wie der Dachhaken auf dem Dachsparren verschraubt.

Alternativ gibt es spezielle Montagesysteme für Wellblech und Trapezblech, bei denen kurze und kompakte Montageschienen direkt auf das Blech geschraubt werden. Diese Systeme sind besonders kostengünstig. Die Installation ist zudem zeitsparend und einfach.



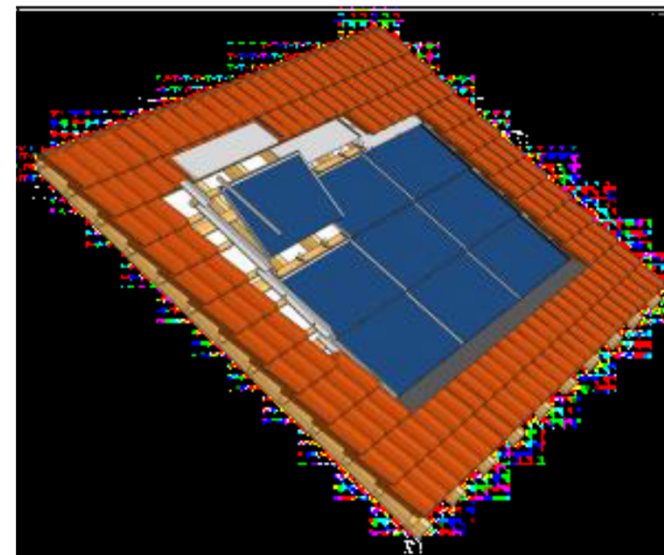
## Planung und Montage einer Anlage

---

### Indach-Montagesysteme

Bei Indach-Montagesystemen ersetzt das Montagesystem die vorhandene Dacheindeckung. Dafür wird ein Teil der Dachziegel entfernt und die Module werden direkt auf dem Dachgebälk montiert. So fügt sich die Photovoltaikanlage nahtlos in die Dachhaut ein und es ergibt sich ein besonders ästhetisches Gesamtbild.

Indachsysteme sind ebenso wasserdicht wie ein Ziegeldach und bereits jahrelang erfolgreich im Einsatz. Allerdings ist die Indachmontage weitaus kostspieliger als die Schrägdachmontage, weshalb Indach-Montagesysteme sehr selten zum Einsatz kommen.





## Planung und Montage einer Anlage

### Solardachziegel

Die neueste Erfindung bei der Photovoltaik Montage sind sogenannte Solardachziegel. Bei einem Solardachziegel sind die Solarzellen im Dachziegel integriert oder haben die Größe eines Ziegels.

Die Photovoltaikanlage verändert das Gesamtbild des Hauses so nur leicht und die gewohnte Dachoptik bleibt erhalten.

Durch Solardachziegel ist Photovoltaik auch verstärkt eine Option für denkmalgeschützte Gebäude.

Trotz der ästhetischen Vorteile sind Solardachziegel im System noch sehr teuer und aufwendig



# Planung und Montage einer Anlage

---

## Solardachziegel von Tesla

Auch Tesla versucht sich im Markt von Solardachziegeln. Nicht ohne Herausforderungen! Denn so ein Solardachstein muss nicht nur Strom liefern, sondern auch vor Wind und Regen schützen, Schall und Wärme dämmen. Die Kunst besteht darin, diesen genauso dicht zu machen wie einen konventionellen –und all die elektrischen Anschlüsse der Ziegel sicher zu verkabeln.

Ein herkömmliches Solarmodul besteht dabei aus 60 Zellen. In einem Dachziegel wie dem von Tesla sind nur zwei Solarzellen verbaut. Anstatt etwa 20 Solarmodule auf ein Dach zu installieren, müssten also 600 Tesla-Ziegel miteinander verstößelt werden, um die gleiche Wirkung zu erzielen.

Technisch ist das lösbar, es braucht aber Fachleute und viel Zeit.



# Planung und Montage einer Anlage

## Flachdach Montagesysteme

Hat das Dach eine Neigung von 10 Grad oder weniger, gilt es als Flachdach und Sie müssen ein Flachdachmontagesystem installieren. Flachdachsysteme ständern die Module zusätzlich auf.

Obwohl die optimale Ausrichtung einer Photovoltaikanlage bei etwa 30 Grad Süd liegt, werden die meisten Module auf Flachdächern in einem Winkel von nur 10 15 Grad aufgeständert. Denn so wird die Verschattung reduziert und die Materialkosten sinken.

Die Leistungseinbußen durch die verminderte Neigung sind hingegen nur geringfügig Flachdachanlagen werden entweder komplett nach Süden ausgerichtet oder als OstWest Systeme installiert. Süd Systeme erzielen die höchsten Jahreserträge. Ost West Systeme erzeugen stattdessen gleichmäßiger über den Tag verteilt Strom. Dadurch können die Anlagenerträge besser genutzt werden und der Eigenverbrauch von Solarstrom erhöht sich.





## Planung und Montage einer Anlage

---

Damit Flachdachsysteme sich bei starkem Wind nicht verschieben oder abheben, werden sie häufig mit Steinen oder Kies ballastiert. Besonders einfach ist die Ballastierung bei Verwendung von Montagewannen. Hierbei werden die Module auf Plastikwannen geschraubt, die mit Kies befüllt werden. Dadurch dass jedes Modul frei positionierbar ist und nicht in Modulreihen befestigt ist, eignen sich Montagewannen vor allem für kleine Anlagen auf Garagen oder Bungalows.

[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=2&v=z70Rkk4Xyk&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=z70Rkk4Xyk&feature=emb_title)

# Planung und Montage einer Anlage

---

## Freiland-Montagesysteme

Die Freiland-Montage ist die übliche Montageart für Großanlagen. Bei dieser Montagevariante werden die Photovoltaikmodule meist in Südausrichtung in mehreren Reihen angeordnet. Damit sich die Module nicht gegenseitig verschatten, ist wie bei Flachdachanlagen ein Reihenabstand erforderlich. Häufig werden mehrere Module übereinander montiert um die Erträge auf gegebener Fläche zu maximieren



# Planung und Montage einer Anlage

## Montage in Regionen mit hoher Wind- und Schneelast

### Schneelast

Lagert sich nur etwas Schnee auf den Photovoltaikmodulen ab, ist dies unproblematisch. Bei größeren Schneemengen lastet allerdings ein massives Gewicht auf der Modulfläche, welches Schäden verursachen kann. In schneereichen Regionen müssen die Solarmodule daher unter Umständen zusätzlich am Dach aufgeständert werden, um so das natürliche Abrutschen des Schnees zu erleichtern. Bei akut hoher Schneelast können abgelagerte Schneemassen auch vorsichtig entfernt werden.

Um Problemen durch zu hohe Schneelasten vorzubeugen, sollte die mittlere örtliche Schneelast stets in die Planung der Photovoltaikanlage einbezogen werden. In Großteilen Nordrhein-Westfalens ist die Schneelast unkritisch und beträgt weniger als  $0,65 \text{ kN/m}^2$ . In Teilen Bayerns sind die bei der Planung anzusetzenden mit bis zu  $1.1 \text{ kN pro m}^2$  deutlich höher.



# Planung und Montage einer Anlage

## **Montage in Regionen mit hoher Wind- und Schneelast**

### **Windlast**

Starker Wind ist vor allem bei Flachdachanlagen gefährlich, da der Wind hier mehr Angriffsfläche hat und so die Module verschieben oder abheben kann. Bei Flachdachanlagen in Regionen mit hoher Windlast muss das Montagesystem daher stärker ballastiert werden.

Bei Indachanlagen, bei denen die Module in der Dachhaut integriert sind, ist Wind am unproblematischsten. Die örtliche Windlast sollte bei der Anlagenplanung stets Berücksichtigung finden.

## Planung und Montage einer Anlage

---

### Ablauf der Photovoltaik Montage

Die Montage der Photovoltaikmodule auf einem Einfamilienhaus dauert in der Regel nur einen Tag. Die Elektroinstallation findet häufig an einem separaten Tag statt. Die Module und Komponenten werden bereits einige Tage vor dem Montagetag zur Montagestelle geliefert, damit am Tag selbst nichts mehr schiefgehen kann.

Bei Schrägdächern muss für die sichere Montage meist ein Gerüst aufgestellt werden. Bei einem Flachdach kann häufig auf das Gerüst verzichtet werden und Absturzsicherungen genügen.

Nach der Montage wird eine kurze Einweisung in die Anlage durchgeführt. Außerdem wird erklärt wie die Erträge Ihrer Anlage mithilfe der Monitoring Funktion des Wechselrichters selbst kontrolliert werden kann.



## Einspeisung oder Eigennutzung

---

Solarstrom ist der Strom, der mithilfe von Photovoltaikanlagen erzeugt wird. In den Solarzellen der Solaranlage wird die Sonnenenergie bzw. die Sonnenstrahlung in elektrische Energie umgewandelt.

Die Erzeuger können den Solarstrom der Anlage sowohl selbst nutzen als auch in das öffentliche Stromnetz einspeisen und somit dem Netzbetreiber verkaufen. Technisch sind beide Möglichkeiten denkbar, die Masse der Anlagen im privaten Haushalt sind die Kombination aus Eigenverbrauch und Einspeisung der Überschüsse.



# Einspeisung oder Eigennutzung

---

Für Photovoltaik auf Wohnhäusern gilt generell: Je höher der Eigenverbrauch eines Haushalts mit Solaranlage ist, desto stärker lohnt sie sich. Ein durchschnittlicher Haushalt nutzt 25 bis 35 Prozent des Solarstroms selbst –für Haushaltsgeräte vom WLAN-Router bis zur Waschmaschine. Der Rest wird automatisch ins Stromnetz eingespeist. Dafür erhalten Sie eine Einspeisevergütung.

Erhöhen lässt sich die Eigenverbrauchsquote zum Beispiel, indem Sie die Spülmaschine tagsüber statt spätabends laufen lassen oder indem Sie mit einer Wärmepumpe heizen oder ein Elektroauto laden, solange es hell ist.



# Einspeisung oder Eigennutzung

## Photovoltaikanlage & Eigenverbrauch: Warum lohnt sich das?

Eigenverbrauch lohnt sich stärker als das Einspeisen ins Netz, weil eigener Solarstrom billiger ist als Strom vom Energieversorger. Das liegt daran, dass auf Eigenverbrauch weniger Steuern und Umlagen fällig werden als bei üblichen Stromverträgen. Der Vorteil durch Eigenverbrauch ist in den vergangenen Jahren immer größer geworden. Ein wichtiger Grund sind die immer weiter sinkenden Kosten für Photovoltaik-Module, eigener Solarstrom wird deshalb immer günstiger.

Wer den Sonnenstrom selbst nutzt (Eigenverbrauch), kann richtig Geld sparen: zwischen 9 und 23 Cent je Kilowattstunde. Diese Einsparungen könnten in einigen Fällen noch durch Einkommenssteuer und/oder Umsatzsteuer vermindert werden. Grundsätzlich gilt aber auch dann: Eigenverbrauch von Solarstrom lohnt sich! Zum Vergleich: Für ins Netz eingespeisten Solarstrom gibt es weniger als 8 Cent pro Kilowattstunde –und auch auf diese Einspeisevergütung können Steuern fällig werden.

## Einspeisung oder Eigennutzung

### So viel kostet selbstproduzierter Solarstrom

Die Kilowattstunde Sonnenstrom lässt sich derzeit für 10 bis 13 Cent erzeugen. Dieser Wert ergibt sich aus:

- der Investition von ca. 1.400 Euro je Kilowatt,
- den prognostizierten Erträgen und
- der Laufzeit von 20 Jahren.

Hinzu kommen noch Wartungskosten von 200 bis 400 Euro pro Jahr.

Dagegen stehen hohe Bezugskosten für Netzstrom von durchschnittlich 32 Cent je Kilowattstunde.

Selbst Sondertarife für Wärmepumpen kosten noch um die 22 Cent pro Kilowattstunde.

Kosten für Netzstrom:	22 bis 32 Cent je kWh
Kosten für Sonnenstrom:	10 bis 13 Cent je kWh
Einsparung durch Eigenverbrauch (vor Steuern):	9 bis 22 Cent je kWh
Zum Vergleich: Einspeisevergütung seit März 2021	< 8 Cent je kWh

# Einspeisung oder Eigennutzung

## Wie wird der Eigenverbrauch bei Photovoltaik ermittelt?

Den Eigenverbrauch zeigt die Software zur Überwachung der PV-Anlagen häufig schon automatisch an. Ansonsten lässt sich der Eigenverbrauch in wenigen Schritten berechnen:  
Erzeugte Menge an Solarstrom am PV-Zähler ablesen.

Ins Netz eingespeiste Strommenge am Zweirichtungszähler ablesen, über den viele Solaranlagen bereits verfügen.

Der Eigenverbrauch ergibt sich aus der gesamten erzeugten Strommenge abzüglich der ins Netz eingespeisten.

Die Eigenverbrauchsquote ist der Anteil des Eigenverbrauchs an der gesamten erzeugten Menge von Solarstrom

## Einspeisung oder Eigennutzung

---

Eigenverbrauchsquote & Autarkiegrad:  
Was ist der Unterschied?

Eigenverbrauchsquote und Autarkiegrad bedeuten unterschiedliche Dinge  
Eine Eigenverbrauchsquote von 100 Prozent bedeutet:  
Sie verbrauchen den gesamten Strom aus Ihrer Photovoltaikanlage selbst und speisen nichts ins Netz ein.

Ein Autarkiegrad von 100 Prozent bedeutet:  
Sie decken Ihren gesamten Strombedarf mit eigenem Solarstrom und beziehen keinerlei Strom aus dem Netz.

# Einspeisung oder Eigennutzung

## Wie viel Prozent Eigenverbrauch ist bei Photovoltaik möglich?

Theoretisch sind mit einer Solaranlage über 90 Prozent Eigenverbrauch machbar. Doch ist solch ein hoher Eigenverbrauchsanteil auch sinnvoll? Eher nicht, denn selbst mit einem Batteriespeicher liegt die Eigenverbrauchsquote selten über 70 Prozent. Ein noch höherer Eigenverbrauch lässt sich meistens nur durch kleine Photovoltaikanlagen mit weniger als 4 Kilowatt-Peak erzielen: Je weniger Solarstrom eine PV-Anlage erzeugt, desto leichter ist es schließlich, ihn selbst zu verbrauchen.

Für den Klimaschutz ist es aber sinnvoller, möglichst das ganze Dach für Photovoltaik-Module zu nutzen. Überschüsse können Besitzer ins Stromnetz einspeisen. So erhalten auch andere Menschen klimafreundlichen Solarstrom. Mieter haben die Möglichkeit, einen kleinen Teil ihres Stromverbrauchs durch eine Balkon-Solaranlage zu decken.

## Einspeisung oder Eigennutzung

---

### **Wie viel Prozent Autarkie ist bei Photovoltaik möglich?**

Je nach Ausgangssituation sind unterschiedliche Grade an Unabhängigkeit vom Energieversorger möglich: Die Kombination aus Solaranlage und Speicher kann den Autarkiegrad auf bis zu 80 Prozent steigern. Abends können Sie dabei einen Großteil Ihres Stromverbrauchs aus dem Batteriespeicher beziehen.

Eine hohe Autarkiequote lässt sich auch durch eine möglichst große Photovoltaikanlage ohne Speicher erzielen. Mit 30 Kilowatt-Peak können rund 30.000 Kilowattstunden Solarstrom pro Jahr erzeugt werden. Eine solche Anlage stellt auch bei wenig Sonnenschein im Winter ausreichend Leistung zur Verfügung, um den Bedarf eines Haushalts mit etwa 5.000 kWh pro Jahr bei Tageslicht zu decken. Um PV-Strom bei Dunkelheit nutzen zu können, ist dagegen immer ein Speicher notwendig.

Ein dritter Weg zu einer hohen Autarkiequote ist die Kombination von Photovoltaik und einem Blockheizkraftwerk (BHKW) oder einer Brennstoffzellen-Heizung. Diese Anlagen erzeugen gleichzeitig Strom und Wärme –und das rund um die Uhr. Für den Klimaschutz ist das aber nicht die optimale Lösung: BHKW und Brennstoffzellen sind zwar hocheffizient, werden in der Regel aber mit Erdgas betrieben.

Wer eine möglichst hohe Autarkie bei der Energieversorgung anstrebt, sollte also auf beides achten: Strom und Wärme. Solch eine integrierte Lösung ist zum Beispiel Photovoltaik mit einer Wärmepumpe. In unserem Überblick

# Einspeisung oder Eigennutzung

## **Wie lässt sich bei Photovoltaik der Eigenverbrauch optimieren?**

Photovoltaik-Speicher nutzen, um Strom später zu verbrauchen

Elektroauto als zusätzlichen Speicher und Verbraucher verwenden

mit einem Heizstab Warmwasser bereiten

mit einer Wärmepumpe heizen und Warmwasser bereiten

elektrische Geräte mit hohem Verbrauch bei Sonnenschein verwenden (wie z. B. Waschmaschine oder Spülmaschine)



# Einspeisung oder Eigennutzung

## Photovoltaik für Warmwasser

Eine preiswerte Möglichkeit, den Eigenverbrauch von Solarstrom zu erhöhen, ist die Warmwasserbereitung. Dafür genügt ein Elektroheizstab im Warmwasserspeicher. Ein Energiemanagementsystem nutzt Überschüsse aus der Photovoltaikanlage automatisch, um Warmwasser zu bereiten.

Oft ist die Warmwasserbereitung mit Solarstrom inzwischen auch günstiger als über die Gastherme. Im Sommer können Sie eine vorhandene Gastherme sogar ganz ausschalten. Der Heizstabläuft tagsüber und der Warmwasserspeicher hält genug warmes Wasser für den Abend oder Morgen vor. Noch mehr Möglichkeiten gibt es mit Photovoltaik und einer Wärmepumpe: Mit ihr können Sie Warmwasser bereiten und auch noch heizen.

# Einspeisung oder Eigennutzung

---

## Photovoltaik fürs Elektroauto

Steht ein Elektroauto tagsüber vor dem eigenen Haus, lässt es sich mit Strom aus der Photovoltaikanlage laden. Wichtig sind dabei folgende Punkte:

Ladestation auswählen, die passende Schnittstellen für die Photovoltaikanlage hat. Auskunft gibt zum Beispiel der PV-Hersteller.

Solaranlage mit mindestens 5 Kilowatt-Peak installieren. Sie muss auch abends noch genug überschüssigen Solarstrom für das Elektroauto erzeugen.

Energiemanagementsystem anschaffen: Die Software lädt das Elektroauto abhängig von der Solarerzeugung und den eigenen Fahrwünschen.

03.05.2022 INGENIEURBÜRO JAN PARUZYNSKI | JP-INGENIEURE | 119

# Einspeisung oder Eigennutzung

## Photovoltaik ohne Einspeisung ans Hausnetzanschießen?

Eine Photovoltaikanlage ohne Einspeisung ins Stromnetz heißt auch Inselanlage. Überschüssiger Strom ließe sich in diesem Fall zum Beispiel dafür verwenden, über einen Heizstab Warmwasser zu erzeugen. Für den Klimaschutz ist das aber eine schlechte Lösung. Über 65 Prozent des eigenen Solarstroms würden so für eine ineffiziente Form der Warmwasserbereitung verschwendet.

Wird überschüssiger Strom dagegen ins Netz eingespeist, hat das deutlich mehr Vorteile:

- für überschüssigen Strom gibt es eine Einspeisevergütung.
- der Solarstrom fließt über das Stromnetz an andere Haushalte und wird so effizient genutzt.

## Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage und Einflüsse auf den Ertrag

### **Warum Prognosen nicht für bare Münze genommen werden können**

Die Prognosen für die Erträge einer PV-Anlage lassen sich allerdings nur grob abschätzen, so dass ein sehr regenreicher Sommer die Erträge reduzieren oder ein sehr sonniges Jahr sie erhöhen kann. Mithilfe dieser Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird es aber möglich, zumindest grob abzuschätzen, inwieweit sich die Investition in die PV-Anlage rentiert.

Zusätzlich ist zu beachten, dass die erhöhten Einnahmen um die Inflation zu bereinigen sind. Demnach sind höhere Einnahmen in späteren Jahren weniger wert, als im Jahr 0. Das Geld wird durch die Inflation entwertet. Außerdem sind wir im Beispiel von einer komplett eigenfinanzierten PV-Anlage ausgegangen. Die Werte können sich durch die Kreditfinanzierung und der damit verbundenen Zinskosten entsprechend verändern.

Ein guter Solarteur liefert bei Angebotserstellung eine Wirtschaftlichkeitsberechnung mit. Diese kann anhand der Onlinerechner nochmals überprüft werden, so dass vor der endgültigen Kaufentscheidung detailliert geprüft werden kann, inwieweit die infrage kommende Anlage sich rechnet.

## Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage und Einflüsse auf den Ertrag

Neben der Wirtschaftlichkeit spielt auch der Ertrag der Anlage eine große Rolle. Der Solarstrom, der durch die Energie der Sonne und Photovoltaik entsteht, entspricht dem Ertrag. Der Photovoltaik-Ertrag ist nicht das ganze Jahr über konstant, viele Faktoren beeinflussen die Leistung der Solarmodule. Einige Faktoren, wie das Wetter, können nicht beeinflusst werden.

Andere, wie die Ausrichtung der Dachanlage, können angepasst werden und so den Ertrag von Photovoltaik steigern. Auch technische Dinge wie die richtige Verkabelung der Photovoltaikanlage wirken auf die Ertragsbringung ein. Der größte Einflussfaktor ist die Sonne: umso mehr Sonne auf die Solarmodule scheint, umso mehr Strom kann erzeugt werden. Doch man kann nicht immer mit der vollen Solarstrahlung rechnen.

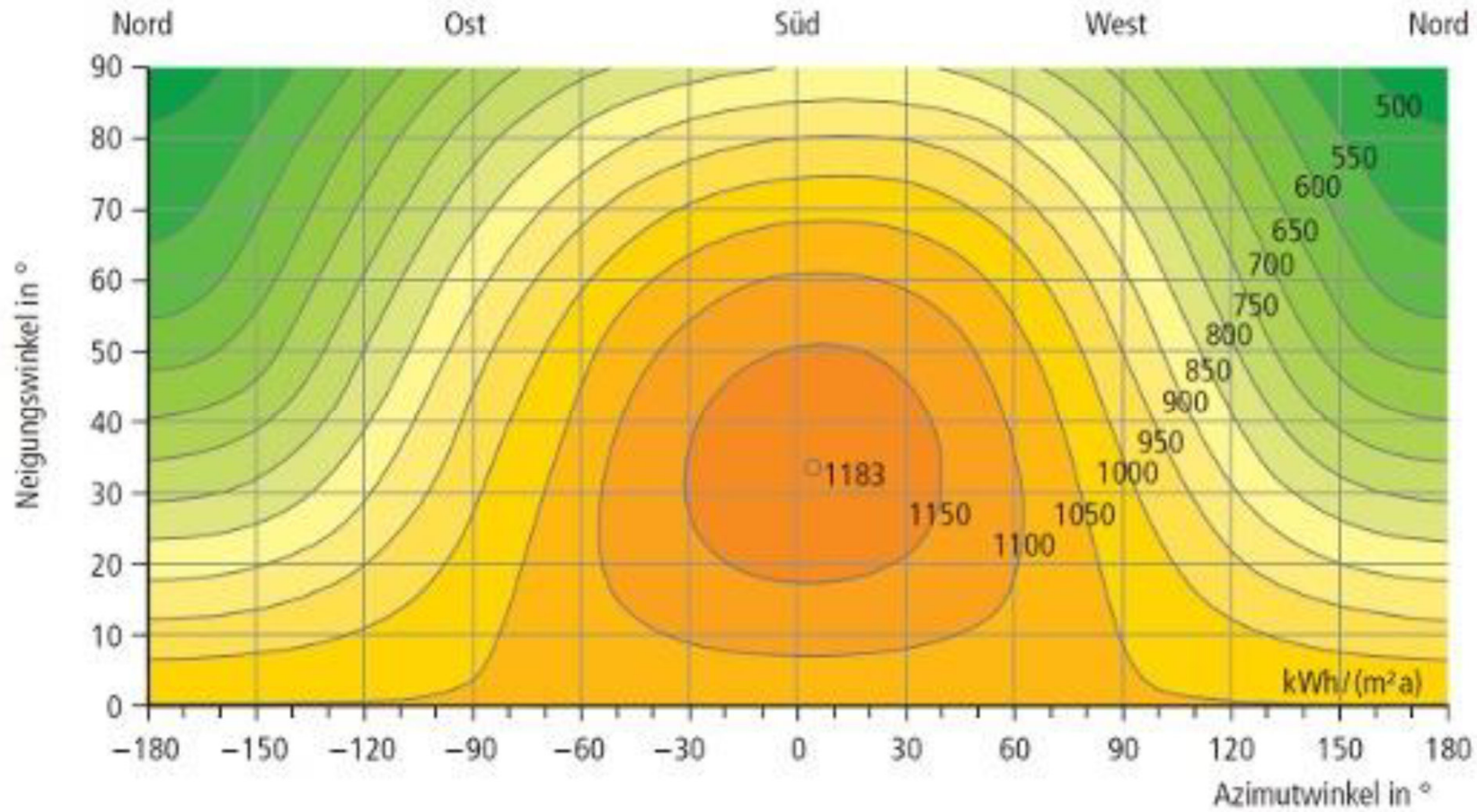
# Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage und Einflüsse auf den Ertrag

## Welche Faktoren beeinflussen Photovoltaik-Erträge?

Die Sonne kann als der Sender der Energie gesehen werden und die Photovoltaikanlage als der Empfänger. Alle Einflussfaktoren, welche die Energie der Sonne oder die Leistung der Anlage beeinträchtigen, haben Einfluss auf den Ertrag der Photovoltaikanlage.

Einflussfaktoren:

- Wetter
- Luftqualität
- Jahres- und Tageszeiten
- Globalstrahlung
- Standort
- Dach
- Solarmodule





# Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage und Einflüsse auf den Ertrag

---

## **Verlust durch Verschattung der PV Anlage**

Ein weiterer Faktor, der weitestgehend beeinflussbar ist, ist die Verschattung. Der Photovoltaik-Ertrag im Schatten ist geringer, daher sollte vermieden werden, dass Solarmodule immer oder über längere Zeiträume am Tag verdeckt werden. Störende Bäume, die Schatten auf das Dach werfen, können in den meisten Fällen gefällt werden. Nachbarshäuser oder Schornsteine hingegen sollten bereits bei der Montage der Photovoltaikanlage berücksichtigt werden. <sup>129</sup>

# Ende Teil I

---

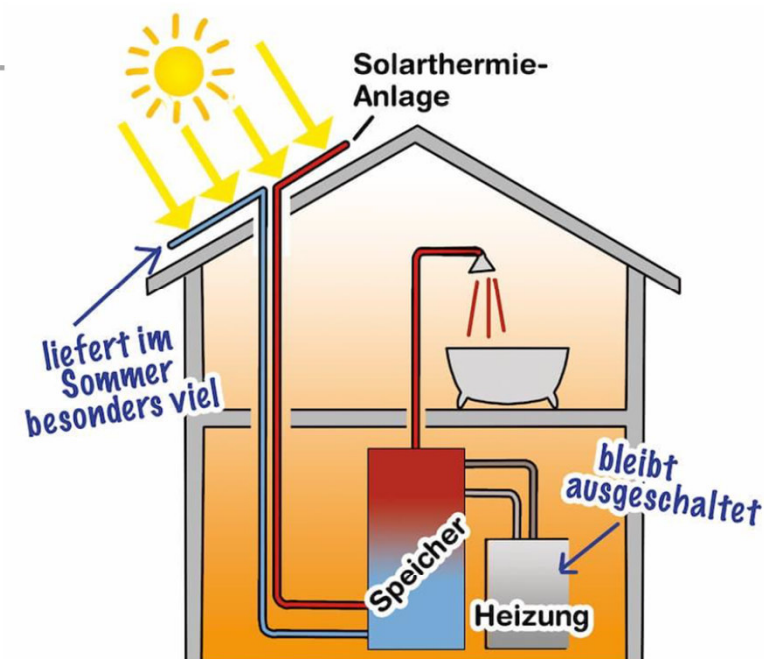
# Solarthermie

## Was ist Solarthermie?

Solarthermie bezeichnet die Umwandlung von Sonnenenergie (lat. sol: Sonne) in Wärme (griech. thermie: Wärme), die praktisch genutzt werden kann.

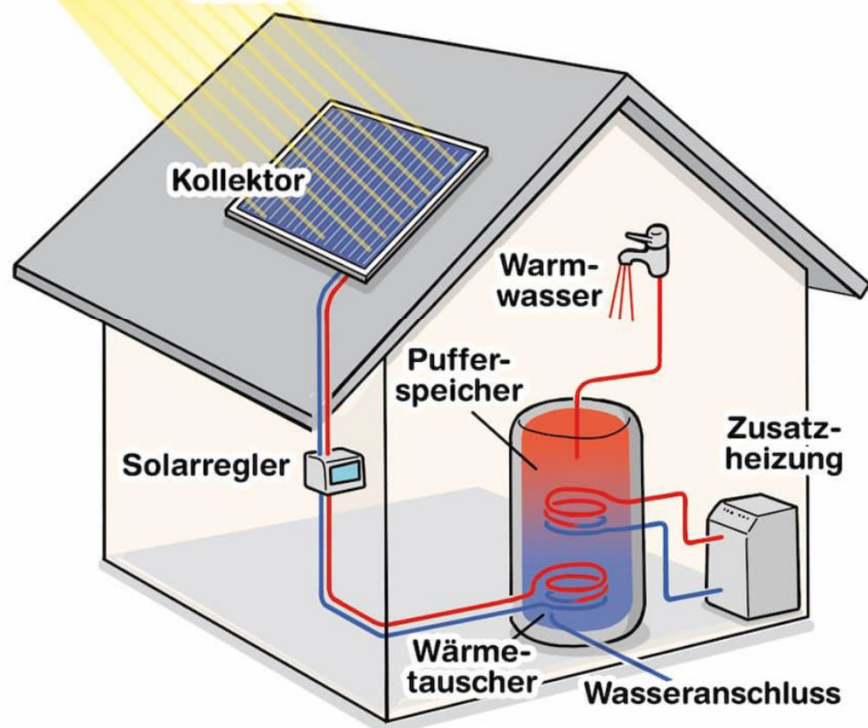
In Gebäuden kommt die Solarthermie vor allem zur Warmwasseraufbereitung oder als Heizung infrage. Ob die bisher verwendete Heizung vollständig ersetzt werden kann, ist unter anderem vom Standort und der baulichen Substanz der Immobilie abhängig.

Beim Warmwasser ist in der Regel davon auszugehen, dass 50 bis 65 Prozent des jährlichen Bedarfs mittels Solarthermie gedeckt werden kann.

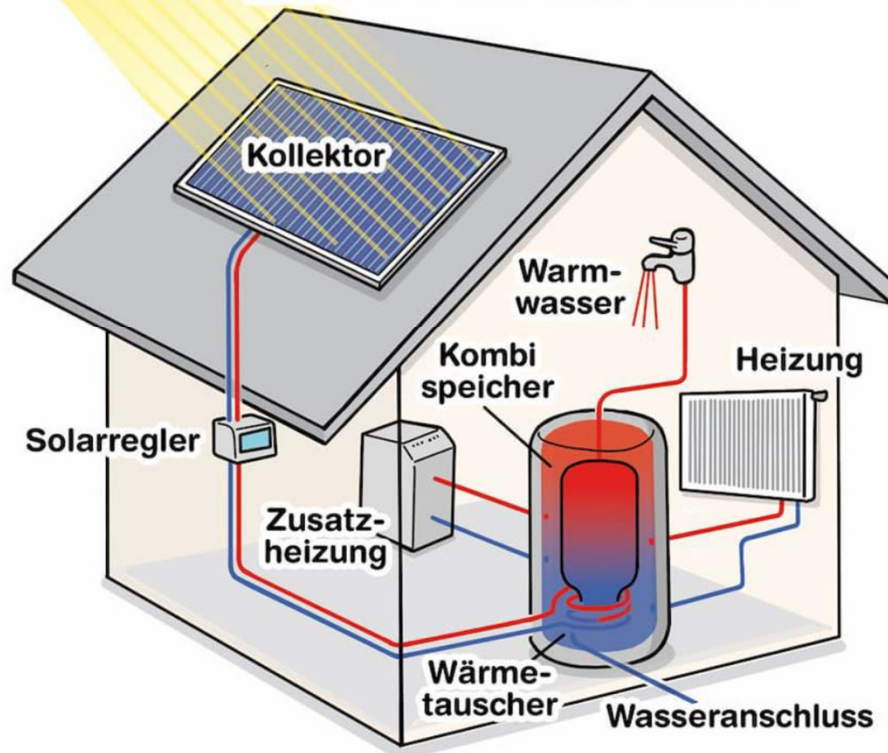


**Solare Trinkwasser-  
erwärmung macht  
besonders im Sommer Sinn.**

## Warmwasserbereitung mit Solarthermie



## Heizungsunterstützung mit Solarthermie



# Solarthermie

---

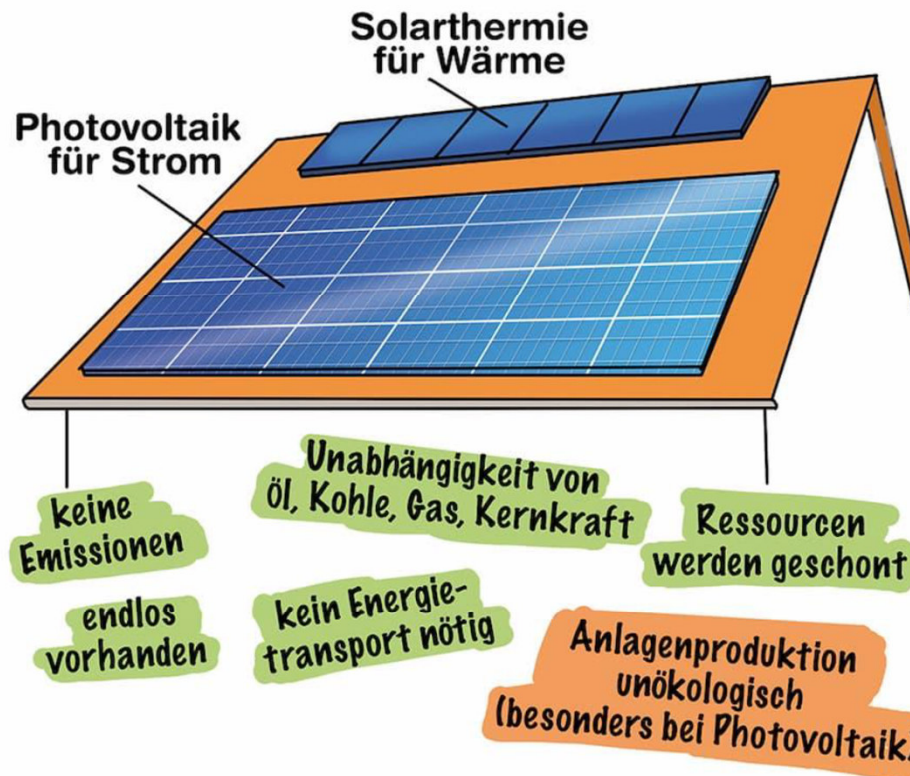
Wie funktioniert die Solarthermie?

Zur Gewinnung von Wärme aus Sonnenstrahlen sind sogenannte Solarkollektoren (lat. colligere: sammeln) nötig. Sie fangen die Sonnenenergie auf und leiten sie mittels einer Flüssigkeit, die in Rohren verläuft, an einen Warmwasserspeicher im Gebäude weiter.

Über einen Wärmetauscher wird die Wärme dann an das Wasser im Speicher übertragen.

Von dort kann es entweder sofort oder bei Bedarf genutzt werden, auch wenn keine Sonne scheint. Die abgekühlte Wärmeträgerflüssigkeit fließt wieder zurück zu den Kollektoren, um erneut von der Sonne erwärmt zu werden.

# Solarthermie



## Vor- und Nachteile von Solarthermie und Photovoltaik



# Solarthermie

## Vorteile der Solarthermie

Im Wesen der Solarthermie liegt bereits ihr größter Vorteil:

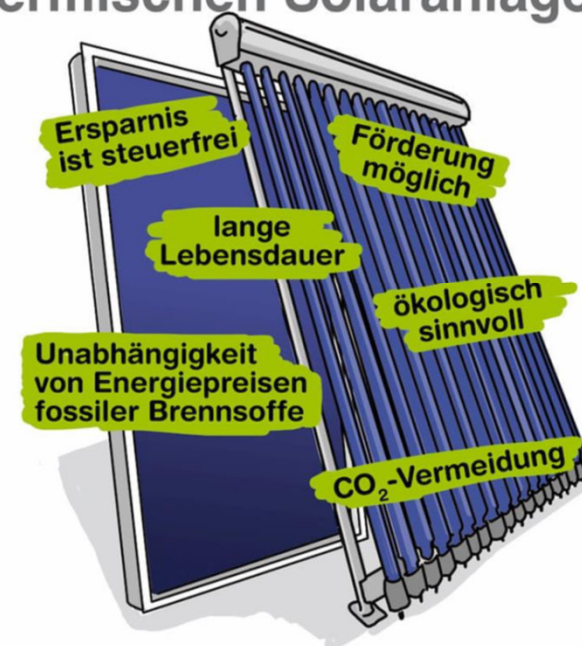
Sie gewinnt Wärme aus der Energie der Sonne, die kostenfrei und umweltfreundlich genutzt werden kann. Positiver Nebeneffekt: Man macht sich gleichzeitig unabhängiger von Preisschwankungen an den Märkten für Rohstoffe wie etwa Heizöl.

Beim Betrieb einer Solarthermie-Anlage wird kein Kohlendioxid freigesetzt. Allerdings ist in den Augen vieler Natur- und Umweltschützer der gesamte Zyklus von der Produktion bis zum Einsatz zu berücksichtigen. Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der bei der Herstellung verursacht wird, ist nicht gering.

Hinzu kommt der Substitutionseffekt der Solarthermie. Je mehr Wasser mit Sonnenwärme aufgeheizt wird, desto weniger andere, im Zweifelsfall fossile Energieträger werden für das Brauch- und Heizungswasser benötigt. Ab wann sich die Investition in eine Solarthermie-Anlage gegenüber den eingesparten Heizkosten amortisiert, hängt allerdings von vielen Faktoren ab.

Die Technologie ist vielfach erprobt und ihren Kinderschuhen schon lange entstiegen. Der Wartungsaufwand einer laufenden Anlage ist in der Regel gering, hängt aber auch von Faktoren wie der Qualität der einzelnen Komponenten ab.

## Die Vorteile der thermischen Solaranlage





# Solarthermie

## Nachteile der Solarthermie

Sind die Kollektoren erst einmal auf dem Dach, werden viele Verbraucher Freude an ihrer Anlage haben. Bis dahin haben sie aber gleichfalls bereits einen großen Nachteil der Solarthermie kennengelernt. Die Installation ist vergleichsweise teuer und lohnt sich für viele Privatanwender nicht ohne Weiteres. Ein langer Planungshorizont ist zwar wichtig. Noch entscheidender ist jedoch die fachkundige Beratung, die eine genaue Prüfung des Standortes beinhaltet und zusätzlich die verschiedenen Möglichkeiten der staatlichen Förderung auslotet. Was nutzt die schönste Anlage auf dem Dach, wenn man weiß, dass sie die Kosten nie wieder hereinholen kann?



# Solarthermie

---

Ein weiterer Nachteil hinsichtlich der Wärmegewinnung besteht in der Unbeständigkeit der Energiequelle. Natürliche Schwankungen der Sonnenscheindauer beziehungsweise der Sonneneinstrahlung können durch den Speicher in gewissem Maße ausgeglichen werden. Die Größe des installierten Speichers spielt dabei jedoch eine ebenso große Rolle wie längere Perioden mit schwacher Sonneneinstrahlung. Wie sich das Klima in den nächsten Jahrzehnten entwickelt, kann niemand mit letzter Genauigkeit sagen. Umso wichtiger ist ein Standort mit möglichst freiem Ausblick, von dem man ausgehen kann, dass die eintreffenden Sonnenstrahlen optimal ausgenutzt werden. Bei beweglichen Kollektoren oder einem Aufbau im Garten kommt hinzu, dass man unter Umständen Genehmigungen beantragen muss –oder zumindest die Nachbarn vorher in die Planungen miteinbeziehen sollte.

# Solarthermie

---

## Sonnenkollektoren bei Solarthermie Anlagen

Es gibt inzwischen eine ganze Reihe Solarthermie-Kollektoren, die sich in Aufbau und Funktionsweise und daraus resultierend auch in ihrer Leistung unterscheiden –gleichwohl sie alle nach ein und demselben Grundprinzip arbeiten: mit einem sogenannten Absorber als Herzstück des Kollektors.

Der Absorber nimmt die thermische Energie der Sonnenstrahlung auf, die auf den Kollektor trifft, und überträgt sie auf einen systemspezifischen Wärmeüberträger. Das kann je nach Kollektortyp Luft, Wasser oder ein Wassergemisch sein, das aus Wasser und Glykol, einem Frostschutzmittel, besteht.

Das Wärmeübertragungsmittel kreist stetig im Solarkreislauf –vom Kollektor zum Wärmespeicher und wieder zum Kollektor –und gibt die Wärme im Speicher ab, wo sie bis zur (gegebenenfalls zeitversetzten) Entnahme gespeichert wird. Der Speicher ist für die Funktionalität einer Solarthermie-Anlage zwingend nötig.

Die prinzipielle Funktionsweise eines Sonnenwärme-Kollektors lässt sich am einfachen Beispiel eines schwarzen Gartenschlauchs gut erklären: Liegt der in der Sonne, erwärmt sich der Schlauch und mit ihm das darin stehende Wasser. Drehen Sie den Wasserhahn auf, an dem der Schlauch hängt, kommt zunächst das erwärmte Wasser herausgeströmt, gefolgt von kühlerem Leitungswasser. Dieses einfache Grundprinzip macht man sich in der Gartendusche zunutze, wo die Sonne beispielsweise Wasser in schwarzen Tonnen, Fässern oder Säcken erwärmt, das zum Duschen dient.

# Solarthermie

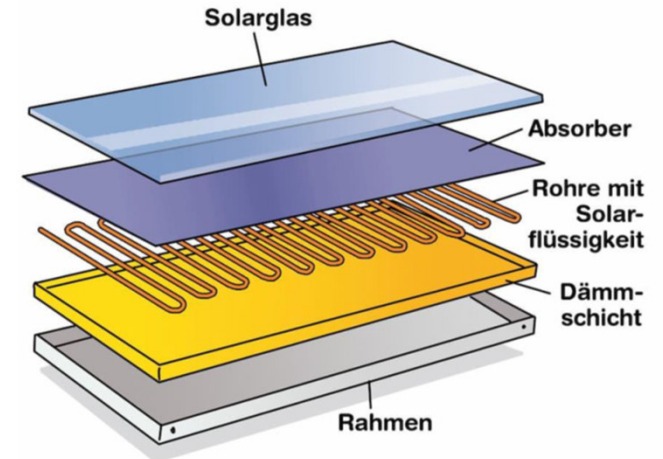
## Flachkollektor

Der Flachkollektor ist mit 90 Prozent der am meisten verbaute Kollektortyp. Sein Aufbau lässt sich so beschreiben: In einem Rahmen beziehungsweise Gehäuse aus Aluminium oder Edelstahl sitzt der Absorber unter einer Abdeckung aus Spezialglas (Solarglas), das besonders robust und lichtdurchlässig ist. Das Solarglas schützt vor Niederschlägen (Regen, Hagel) und Schmutz (Staub, Flugsand, Blätter und Äste).

Der selektiv, sprich: dunkel beschichtete Absorber ist ein Wärme gut leitendes Absorber Blech –entweder aus Kupfer (häufig) oder Aluminium (selten). Außerdem gibt es ein kupfernes Röhrensystem (auch Rohrschlange genannt). Die Glasabdeckung dient dazu, die Wärme im Kollektor zu halten, so dass sich aufgrund der Bauweise des Flachkollektors der sogenannte Glashaus-Effekt beziehungsweise Treibhaus-Effekt einstellt. Er bewirkt, dass sich Absorber Blech und Rohre selbst bei kühlen Außentemperaturen aufheizen, sobald die Sonne auf den Kollektor strahlt.

Auf der Rückseite besitzt der Flachkollektor eine Dämmschicht, die aus herkömmlichen Dämmmaterialien wie Mineralwolle oder aufgeschäumten Kunststoffen besteht, zum Beispiel Polyurethan (PU). Dennoch kommt es bei Flachkollektoren zu vergleichsweise hohen Wärmeverlusten, die den Wirkungsgrad mindern.

## Der Aufbau eines Flachkollektors



# Solarthermie

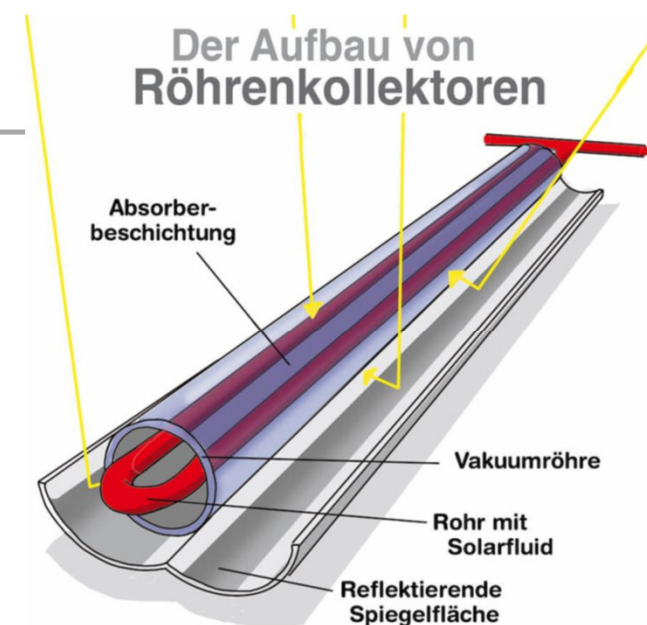
## Röhrenkollektor

Anders als ein Flachkollektor besteht ein Röhrenkollektor oder Vakuumröhrenkollektor aus den namensgebenden Röhren. Das sind zur optimalen Isolierung luftentleerte (evakuierte) Röhren aus Bor-Silikat-Glas mit Stärken zwischen 1,5 bis 3 Millimetern (mm), in denen jeweils ein Absorber steckt.

Solche Röhrenkollektoren erzielen aufgrund ihres Aufbaus schon bei geringer und indirekter Sonneneinstrahlung, sommers wie winters, einen hohen Wirkungsgrad von über 90 Prozent.

Denn Röhrenkollektoren funktionieren dank des Vakuums wie eine Thermoskanne, sie halten die Solarwärme im Inneren und kommen dabei auf deutlich höhere Temperaturen als ihre flachen Kollegen.

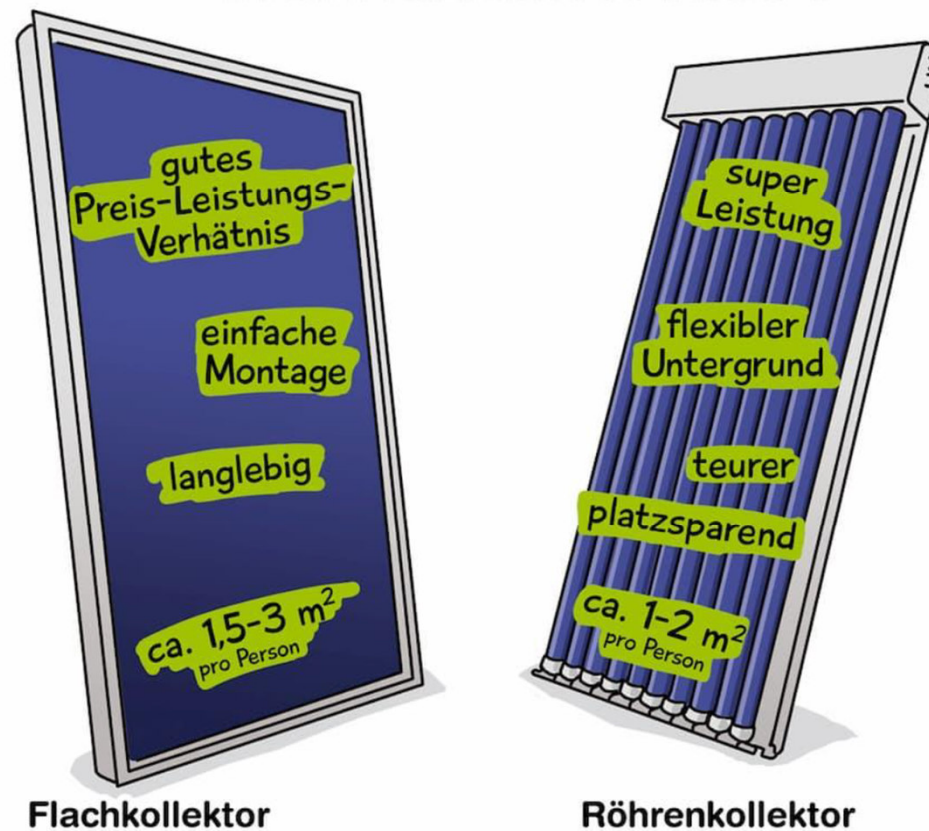
Ein Röhrenkollektor besteht aus etwa fünf bis dreißig Röhren, die auf einem Metallrahmen montiert sind. Die Röhren können auch wie ein U geformt sein. Mit 11 bis 20 kg/m<sup>2</sup> sind Röhrenkollektoren etwas leichter als Flachkollektoren.





# Solarthermie

## Flachkollektor oder Röhrenkollektor?



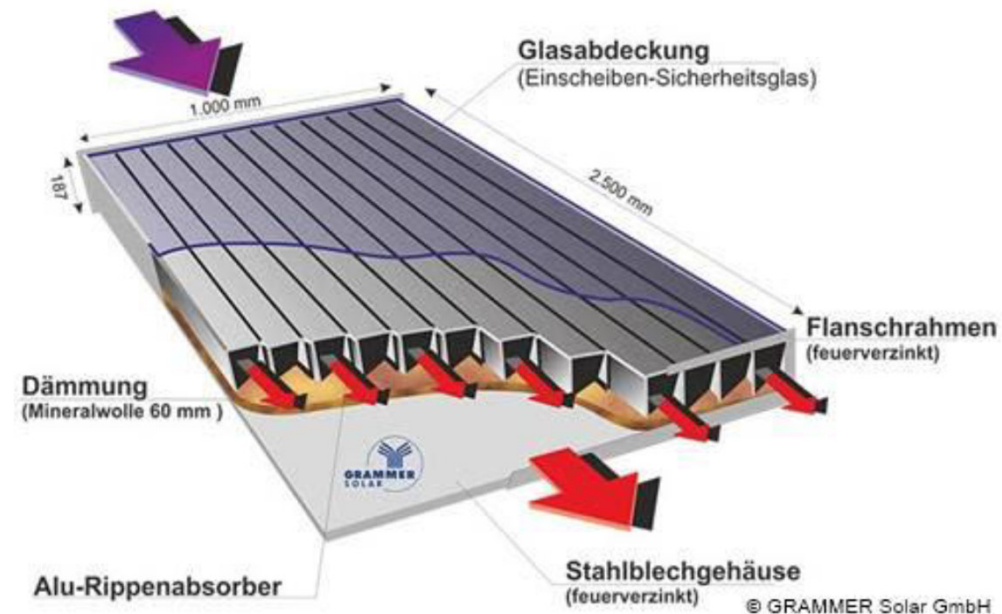
# Solarthermie

## Luftkollektor

Luftkollektoren unterscheiden sich von den vorgenannten Flach- und Röhrenkollektoren vor allem mit ihrem Wärmeüberträgermittel: Sie nutzen keine Solarflüssigkeit (Solarfluid) sondern Luft.

Baulich ähneln solche Luftkollektoren eher Flachkollektoren, wobei sie meist größer ausfallen. Luftkollektoren saugen frische Außenluft an, filtern diese, erwärmen sie solar und leiten sie mit Hilfe von Ventilatoren und Luftschächten ins zu beheizende Haus. Sie kommen dabei auf Wirkungsgrade zwischen 50 bis 75 Prozent. Während es zahlreiche Bauanleitungen für DIY-Luftkollektoren gibt und Sie mit dem Luftkollektor Marke Eigenbau auch einige Kosten sparen können, kostet ein seriell gefertigter Luftkollektor ab 400 Euro aufwärts.

Luftkollektoren gibt es inzwischen auch als Hybridmodelle mit Photovoltaik-Solarzellen, die für den Betriebsstrom der Ventilatoren sorgen. Solche Hybrid-Modelle kosten ab 1.000 Euro pro Kollektor.





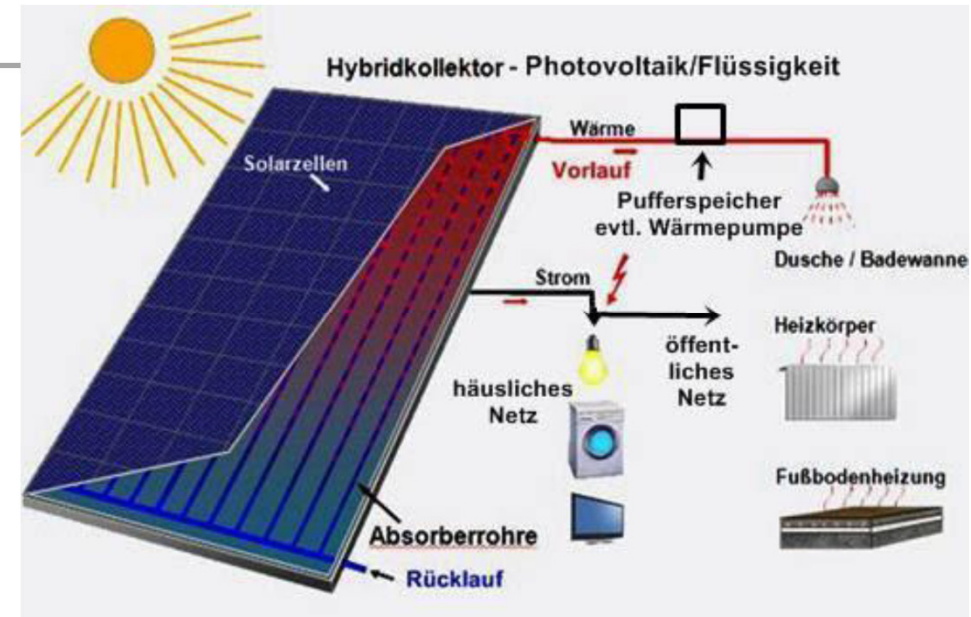
# Solarthermie

## Hybridkollektor

Ein Hybridkollektor kombiniert die Funktionalität von Solarkollektor und Solarmodul, von Solarthermie und Photovoltaik. Er erzeugt also Solarwärme und Solarstrom. Zwei Untertypen des Hybridkollektors sind gängig:

- Hybridkollektoren aus Flach-/Röhrenkollektoren plus Solarmodul
- Hybridkollektoren aus Luftkollektor plus Solarmodul

bautechnisch unterscheidet man zudem danach, ob der Hybridkollektor abgedeckt (Luftschicht zwischen Abdeckplatte und Solarzellen zur Minderung des Wärmeverlustes) oder nicht abgedeckt (ohne entsprechende Luftschicht) ist. Wobei bei abgedeckten Hybridkollektoren die isolierende Luftschicht einerseits die Wärme zwar besser im Kollektor hält, was den Wärmeertrag des Hybridkollektors steigert, andererseits damit zugleich die Umgebungstemperatur der Solarmodule erhöht, was den Stromertrag mindert. Deshalb sind abgedeckte Hybridkollektoren eher zur Wärmeerzeugung und nicht abgedeckte eher zur Stromerzeugung einzusetzen. Es gibt inzwischen auch flexible Hybridkollektoren, bei denen Sie das Verhältnis von Wärme- und Stromerzeugung nach Bedarf variieren können. Zum Beispiel lassen sich die Solarmodule über die Solarkollektoren schieben, wenn keine Solarwärme gebraucht wird.



# Solarthermie

## Thermo-Siphon-Kollektor

Ein Thermo-Siphon-Kollektor, auch Speicherkollektor genannt, funktioniert dank Schwerkraft im steten Umlauf, denn das im Kollektor solar erhitze Wasser steigt nach oben in einen Speicher, von dem es entnommen werden kann. Mit dem Öffnen des Entnahmeventils drängt frisches Wasser in den Speicher und füllt ihn. Wenn kein warmes Wasser benötigt wird, kühlt sich das warme Wasser im Speicher ab und sinkt wieder nach unten – und über ein Auslassventil zurück in den Kollektor.

Thermo-Siphon-Kollektoren kommen oft zur reinen Brauchwasser-Erwärmung zum Einsatz. Insbesondere in eher warmen Regionen, wo nicht mit Frost zu rechnen ist. Denn das System ist sehr frostempfindlich und bräuchte in unseren Breitengraden aufwendig gedämmte Rohrleitungen als Frostschutz.



Kollektortyp	Flachkollektor	Röhrenkollektor	Luftkollektor	Hybridkollektor	Thermo-Siphon-Kollektoren
<b>Anwendung</b>	Warmwasser- und Heizwasserbereitung	Warmwasser- und Heizwasserbereitung, Prozesswärme	Unterstützung von Luftheizungen in Hallen und Schwimmbädern	Warmwasser- und Heizwasserbereitung, inklusive Heizpumpenbetrieb, Kopplung mit Wärmepumpe, Prozesswärme	Warmwasserbereitung
<b>Vorteile</b>	robust, langlebig, einfach zu reinigen gutes Preis-Leistungsverhältnis, komplett ins Dach integrierbar (bündig)	platzsparend, geringes Gewicht, leicht transportierbar, einfach zu montieren	kostengünstig, wartungsarm, lässt sich in DIY selber bauen	erzeugt Wärme und Strom zugleich, geringer Platzverbrauch	einfacher Aufbau, wartungsarm
<b>Nachteile</b>	hoher Platzbedarf	nicht bündig ins Dach integrierbar	hoher Platzbedarf, hohe Wärmeverluste	teuer in der Anschaffung, Nischenprodukt	Wärmeverluste, ungeeignet für Frostwetter
<b>Wirkungsgrad</b>	60 – 85 %	> 90 %	50 bis 75 %	thermisch: 65 %, elektrisch: 15 %	
<b>Kosten</b>	200 – 600 Euro/m <sup>2</sup>	300 bis 900 Euro /m <sup>2</sup>	ab 400 Euro pro Kollektor	ab 700 Euro pro Kollektor	ab 400 Euro für Komplettsset

# Planung einer solarthermischen Anlage

## Bedarf ermitteln

Eine gut dimensionierte solarthermische Anlage zur Trinkwassererwärmung kann den Jahresbedarf an warmem Wasser, etwa für die Dusche, zum Waschen oder Kochen, zu 60 Prozent decken.

Dieser sogenannte solare Deckungsanteil von 60% sorgt dafür, dass der Warmwasserverbrauch während der Sommermonate alleine durch die solarthermische Anlage gedeckt wird, der Heizkessel muss nur selten bis gar nicht nachheizen.

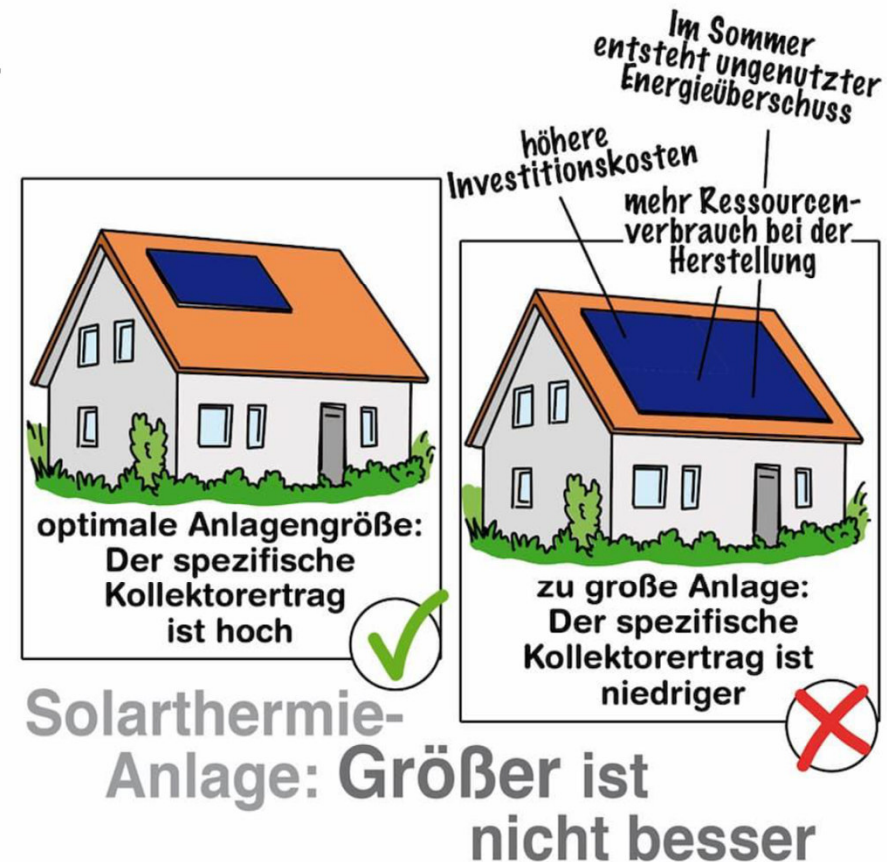
Entscheidend für das Erreichen dieses Zieles ist u.a. die korrekte Dimensionierung, bzw. die bedarfsgerechte Planung der Anlage.

# Planung einer solarthermischen Anlage

Die Größe von Kollektorfeld und Solarspeicher orientieren sich an dem mittleren täglichen Warmwasserverbrauch. Dieser kann von Haushalt zu Haushalt recht unterschiedlich ausfallen.

Bei manchen reichen 20-30 Liter pro Tag und Person, bei anderen sind pro Person und Tag 50-60 Liter nötig, um den gewünschten Bedarf zu decken.

Als brauchbarer Ansatz hat sich eine Faustformel erwiesen, bei der pro Person eine Kollektorfläche von 1,5 Quadratmetern bei Flachkollektoren und 1 Quadratmeter bei Röhrenkollektoren vorgesehen ist. Im Falle der solaren Heizungsunterstützung ist als ein erster Ansatz die Kollektorfläche zu verdoppeln. Im Einzelfall bei gewünschten höheren solaren Deckungsanteilen sind auch größere Kollektorflächen notwendig.





## Planung einer solarthermischen Anlage

Die Speichergröße bei der solaren Trinkwassererwärmung sollte mit 80 Litern pro Person gewählt werden (dies entspricht etwa dem doppelten Tagesbedarf und bietet damit genügend Puffer für im Sommer auftretende Regentage ohne solaren Gewinn).

Soll die solarthermische Anlage nicht nur für warmes Wasser sorgen, sondern auch die Heizung unterstützen, so ist allerdings eine größere Kollektorfläche (im Vergleich zur Trinkwassererwärmung etwa doppelt so groß) sowie ein entsprechend größerer Speicher einzuplanen.

Hierfür können 60 Liter Puffervolumen pro Quadratmeter Kollektorfläche für Flach- und 80 Liter pro Quadratmeter Kollektorfläche für Vakuumröhrenkollektoren angesetzt werden.

Damit besteht eine typische Solaranlage zur Trinkwassererwärmung auf einem Einfamilienhaus aus 4-6 Quadratmeter Kollektorfläche und einem 300 Liter Trinkwarmwasserspeicher.



**Die Speichergröße bei der solaren Trinkwassererwärmung sollte mit 80 Litern pro Person gewählt werden.\***



\* Dies entspricht etwa dem doppelten Tagesbedarf und bietet damit genügend Puffer für im Sommer auftretende Regentage ohne solaren Gewinn.

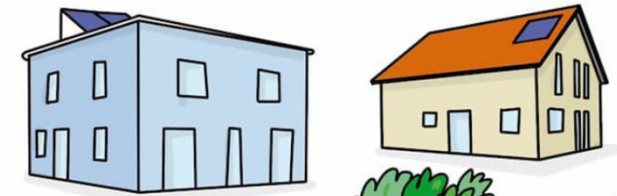
# Planung einer solarthermischen Anlage

## Standortkriterien prüfen

Ob eine solarthermische Anlage sinnvoll realisiert werden kann, hängt nicht zuletzt von den Standortgegebenheiten ab. Vor der Anschaffung einer solarthermischen Anlage sollte daher genau geprüft werden, ob die Dachfläche in Bezug auf Ausrichtung, Neigung, Verschattungsfreiheit und Tragfähigkeit überhaupt für das geplante Vorhaben geeignet ist.

Vorteilhaft sind Dächer mit einem Neigungswinkel von 30-70 Grad in Südausrichtung (optimal), aber auch in Südost-bis Südwest-Lage, ebenso wie Flachdächer. Für letztere werden im Falle von Flachkollektoren und Heat-pipe Vakuumröhrenkollektoren jedoch Aufständereien benötigt, damit ein optimaler Neigungswinkel erreicht werden kann.

Neigungswinkel und  
Ausrichtung sind ziemlich  
flexibel...



... nur Schatten  
ist ein no go!



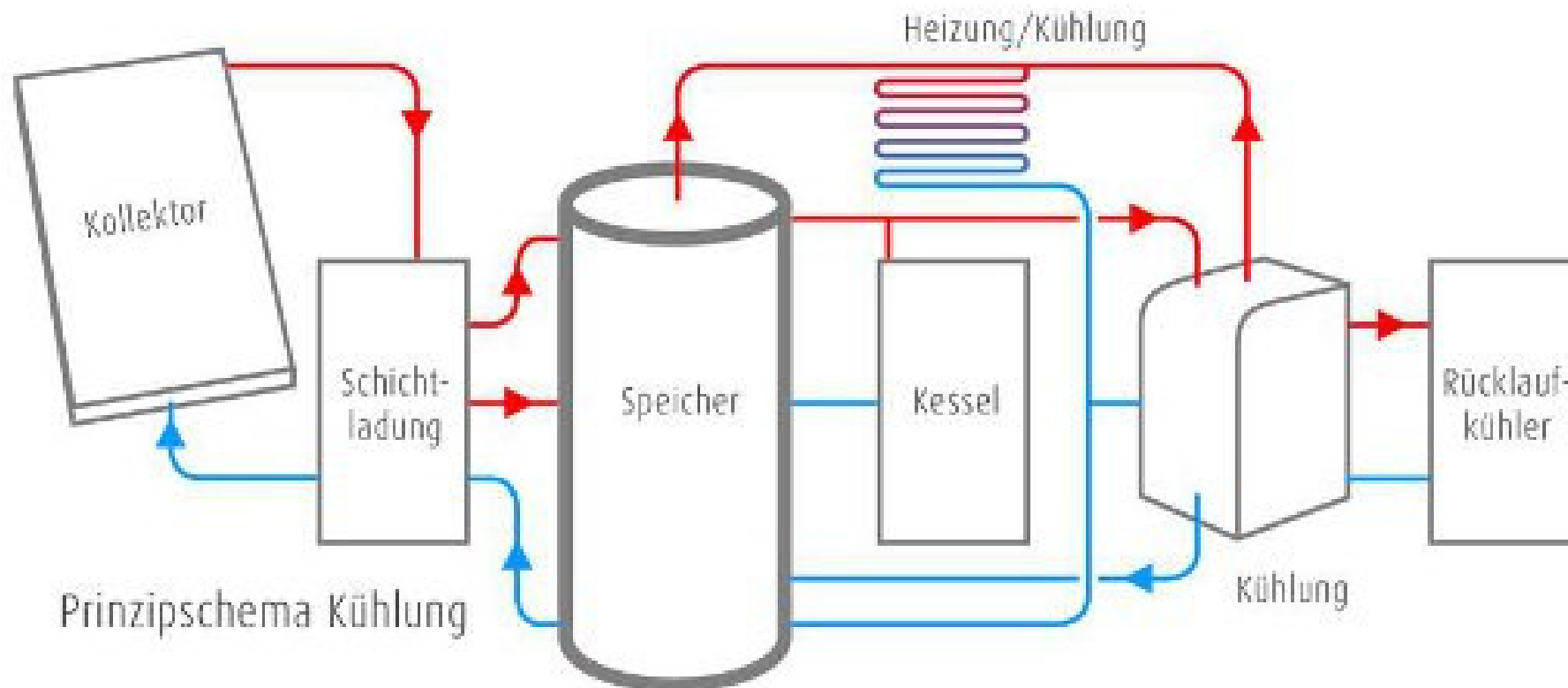


# Solare Kühlung

---

## Kühlung mit Solarthermie

Auf den ersten Blick erscheint es paradox –aber es ist durchaus möglich und wird sogar vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gefördert:  
Kühlen mit Sonnenwärme.



# Solare Kühlung

---

## Funktionsweise der solaren Kühlung

Die Grundidee einer Kältemaschine ist nicht von einer bestimmten Energiequelle abhängig. Ein Kältemittel, wie beispielsweise Wasser, verdunstet und setzt dabei Energie frei. Die Temperatur sinkt, was einen kühlenden Effekt hat. Im Speziellen wird für die Solarthermie-Kühlung eine Absorptionskältemaschine eingesetzt.

Eine Solarthermie-Kühlung verwendet eine Absorptionskältemaschine, die sich mit verschiedenen Primärenergieträgern versorgen lässt. In unserem Fall ist das eben die Sonnenenergie. Dabei zirkuliert das Kältemittel zwischen einem kalten und einem warmen Raum. Es verdampft schließlich an einem Ort und entfaltet dort seinen kühlenden Effekt. Im gasförmigen Zustand wird das Kältemittel in den warmen Bereich geleitet und kondensiert dort durch Bindung an Stoffe, wie zum Beispiel Salzlösungen. In einer solarthermisch betriebenen Anlage wird Sonnenenergie zur Trennung von diesen Salzlösungen eingesetzt. Dieser Schritt schließt den Kreislauf.

**Ende**

## Quellen

<https://www.solaranlage-ratgeber.de>  
[www.e3dc.com](http://www.e3dc.com)  
[www.heizsparer.de](http://www.heizsparer.de)  
[www.solarenergie.de](http://www.solarenergie.de)  
[www.energieblogger.net](http://www.energieblogger.net)  
[www.rechnerphotovoltaik.de](http://www.rechnerphotovoltaik.de)  
[www.co2online.de](http://www.co2online.de)  
[www.net4energy.com](http://www.net4energy.com)  
[www.kfw.de](http://www.kfw.de)  
[www.bafa.de](http://www.bafa.de)  
[www.geg.info.de](http://www.geg.info.de)  
[www.solaranlagen-portal.com](http://www.solaranlagen-portal.com)  
[www.kesselheld.de](http://www.kesselheld.de)



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Das Projekt „Smart Builder“, wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung“ befördert. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf, durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Verbraucherschutz und dem Europäischen Sozialfonds gefördert.

Handwerkskammer Frankfurt-Rhein-Main  
Bockenheimer Landstraße 21  
60325 Frankfurt am Main

T 069 97172 -362 • @hwk-rhein-main.de  
www.hwk-rhein-main.de • www.rhein-main-campus.de

