



[https://www.novotegra.com/fileadmin/\\_processed\\_/8/f/csm\\_pv-montagesystem-flachdach\\_cf6288572e.jpg](https://www.novotegra.com/fileadmin/_processed_/8/f/csm_pv-montagesystem-flachdach_cf6288572e.jpg)

# Mach's selber – PV für alle!

Vortrag: Installation einer PV-Anlage auf einem Flachdach

29.06.2023

Masterprojekt „Mach's selber“ – PV für alle!

CIRE – Cologne Institute for Renewable Energy

Lucas Nitsche, Daniel Ravenstein, Max Pazda, Nils Keller, Hendrik Klein

Seite 1

**Technology**  
**Arts Sciences**  
**TH Köln**



# Inhaltsverzeichnis



[https://www.renusal.com/files/content/Produkte/CS%2B/CS%2B\\_header\\_var-nh.jpg](https://www.renusal.com/files/content/Produkte/CS%2B/CS%2B_header_var-nh.jpg)

1. Organisatorisches

2. Komponenten und Funktion

3. Erzeugungsprofile

4. Förderungen / Finanzielles

5. Praktischer Teil

# Vorstellung und Motivation

## Vorstellung

- Studierende des Masterstudiengangs Erneuerbare Energien
- Seminare sind entstanden aufgrund des Masterprojekts

## Motivation

- Ausbau von Erneuerbare Energien vorantreiben
- Aufklärungsarbeit leisten über PV und die damit verbundene Klimawende
- Austausch mit der Gesellschaft über Erneuerbare Energien



# Evaluation der Workshop-Ergebnisse

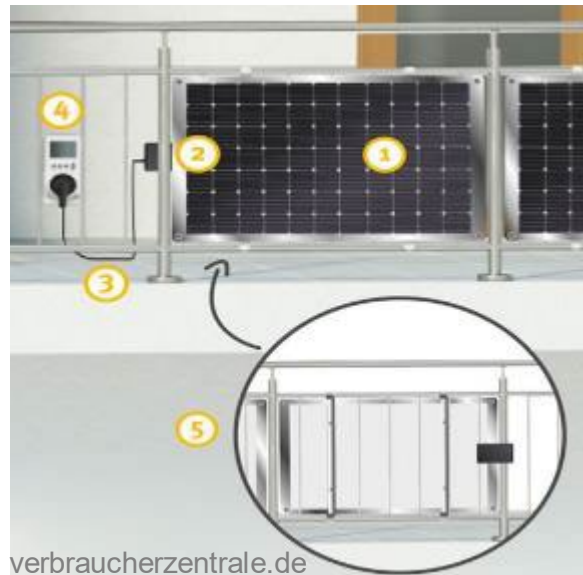


<https://www.umfrageonline.com/c/tci4vz9a>

# Hinweis zu weiteren Workshops

## Workshop Steckersolar/Balkonkraftwerk

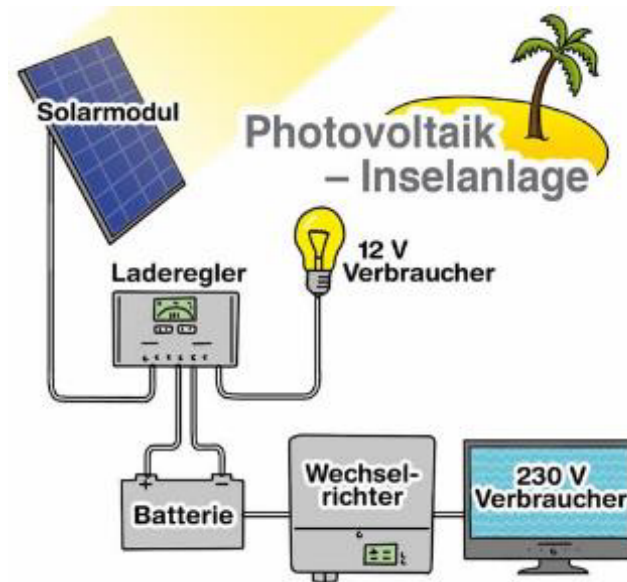
- 15.06.2023 um 16:00 Uhr



verbraucherzentrale.de

## Workshop Offgrid Inselanlagen

- 22.06.2023 um 16:00 Uhr



solaranlage-ratgeber.de/inselanlage

## Workshop PV – selber bauen

- 29.06.2023 um 16:00 Uhr

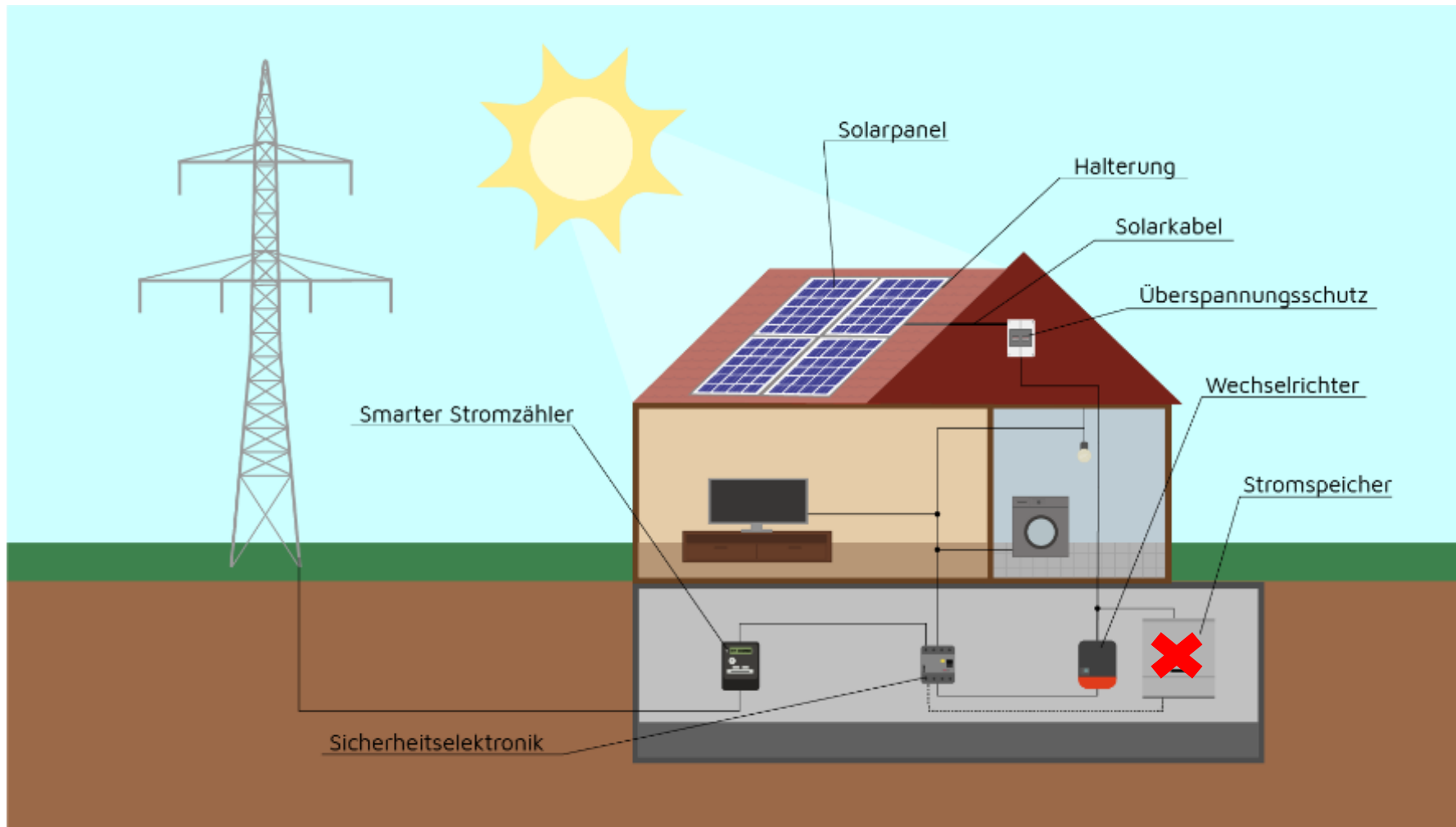


solarenergie.de

Bei Interesse gerne eine E-Mail an [machselberpv@mail.de](mailto:machselberpv@mail.de)

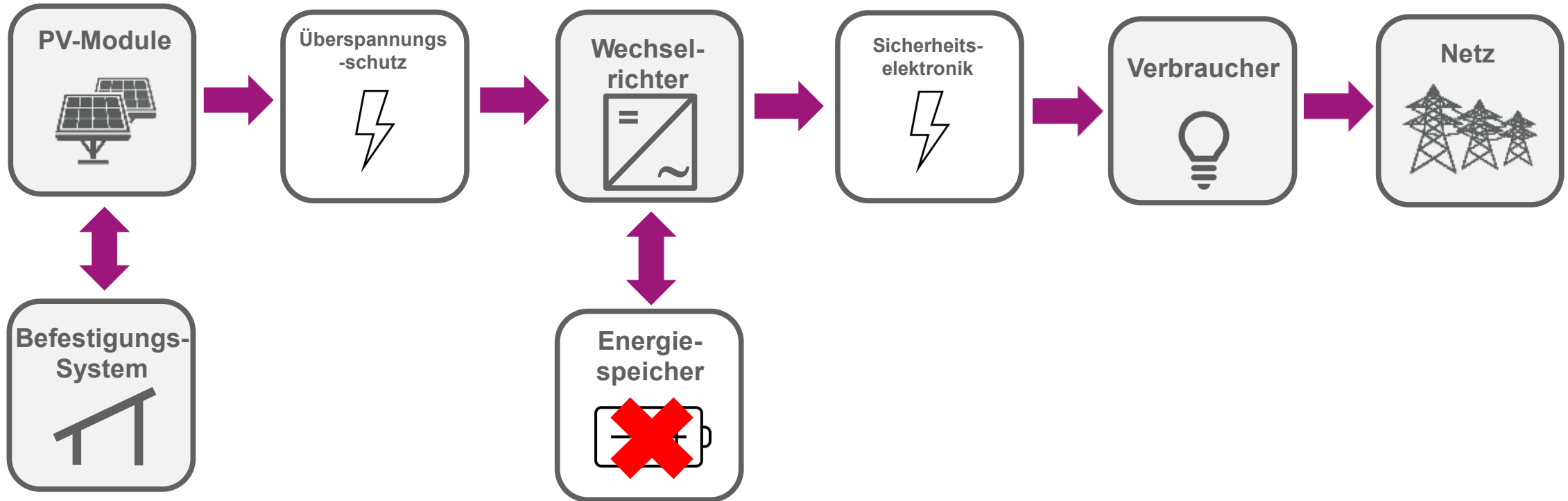


# Funktion einer PV-Anlage

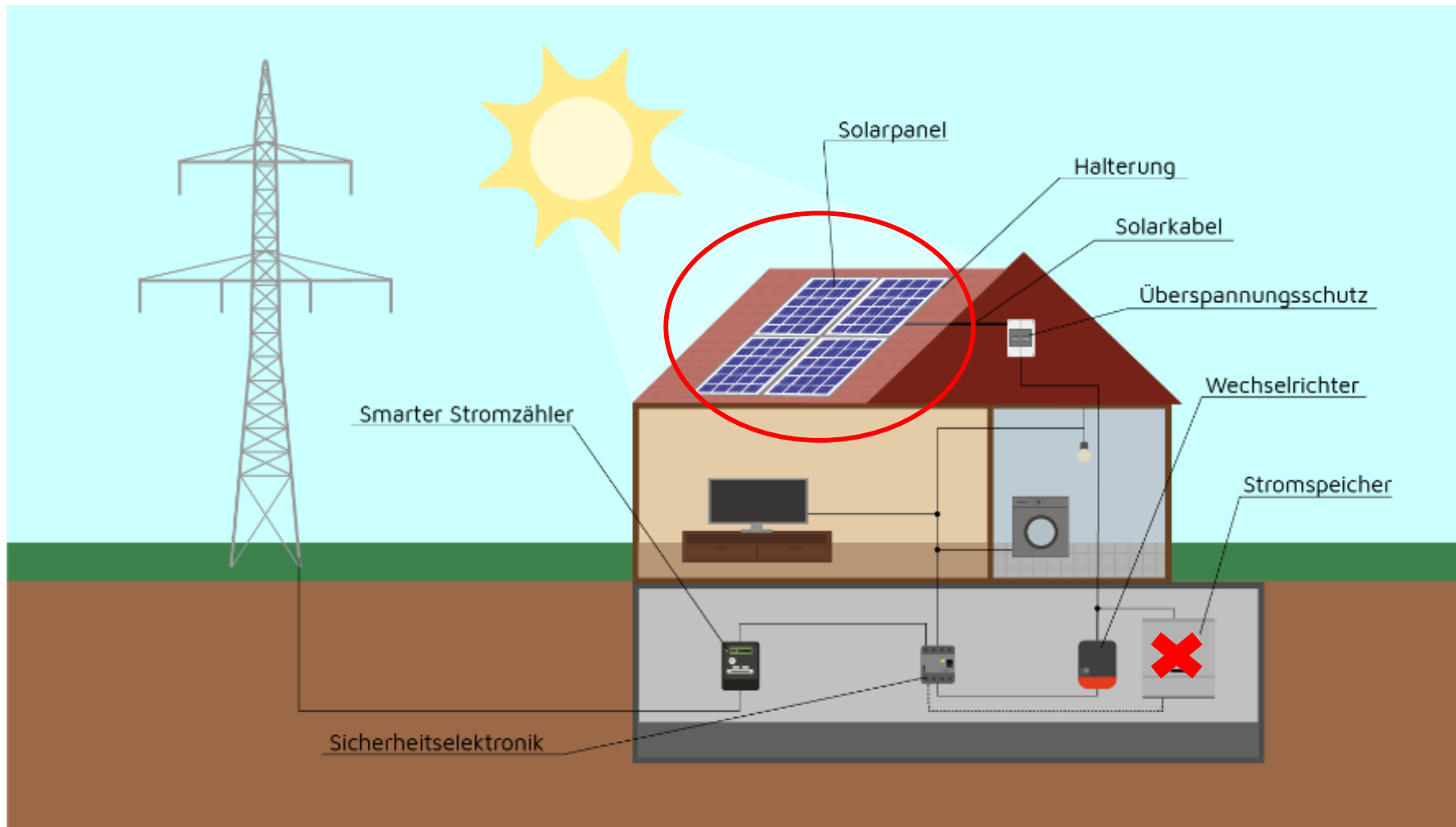


[https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau\\_PV\\_Simpel\\_TAG.png](https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png)

# Systemkomponenten



# Funktion und Aufbau eines PV-Moduls

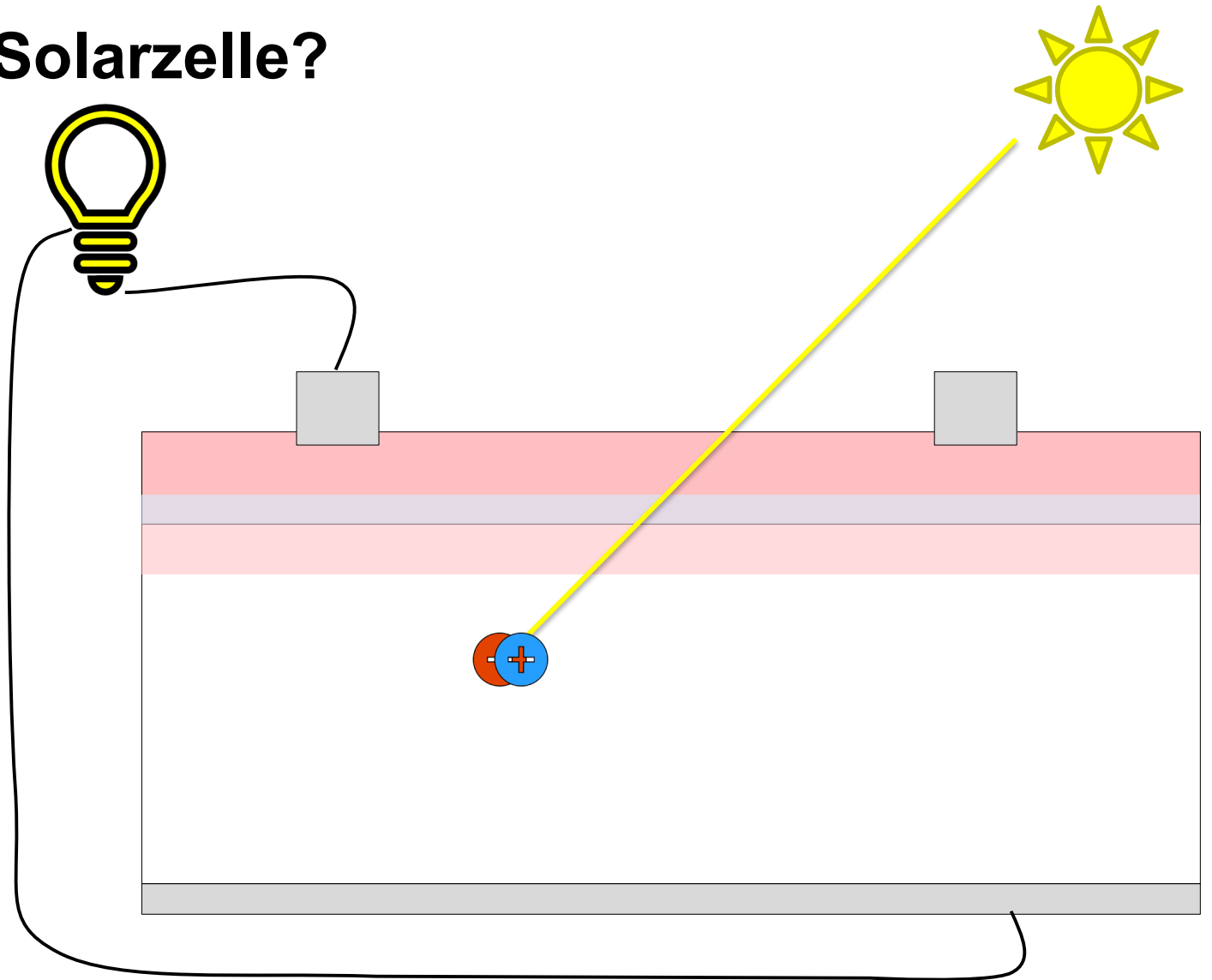


[https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau\\_PV\\_Simpel\\_TAG.png](https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png)



# Wie funktioniert eine Solarzelle?

- Halbleiter (z.B. Silizium)
  - Kristallgitter
  - N-dotierter Bereich
  - P-dotierter Bereich
- PN-Übergang entsteht
- Licht trifft auf den Halbleiter
  - Ladungsträger-Paar entsteht
  - Elektron "wandert" zur negativen Frontelektrode
  - Loch "wandert" zur positiven Rückelektrode
- Stromfluss entsteht



# Unterschiedliche Zelltypen

## Monokristalline Solarzellen:

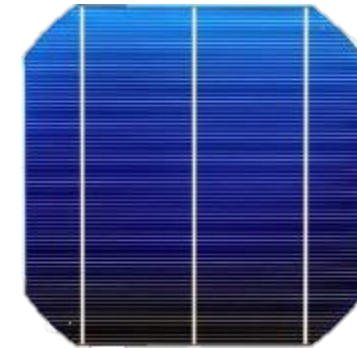
- Wafer aus einem zusammenhängend „gezüchtetem“ Siliziumkristall
- Höchster Wirkungsgrad
- Teurer

## Multi-/Polykristalline Solarzellen:

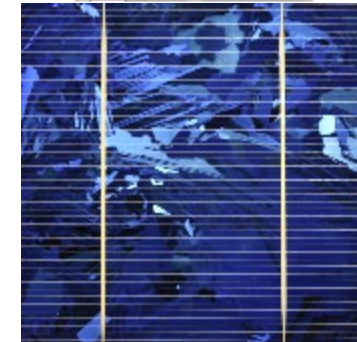
- Wafer aus mehreren, unterschiedlich ausgerichteten Siliziumkristallen
- Niedrigerer Wirkungsgrad als monokristalline
- Etwas günstiger

## Dünnschicht Solarzellen:

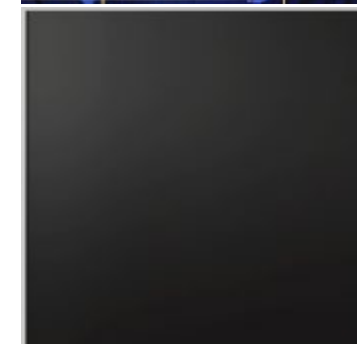
- Keine Wafer nötig, Trägermaterial (Glas, Metall oder Kunststoff) wird mit Halbleitermaterial beschichtet
- Niedrigere Produktionskosten (weniger Material, einfachere Produktion)
- Deutlich geringerer Wirkungsgrad
- Deutlich günstiger



Institut für  
Solarenergieforschung  
Hameln



Entwicklung PV -  
Ulf Blieske

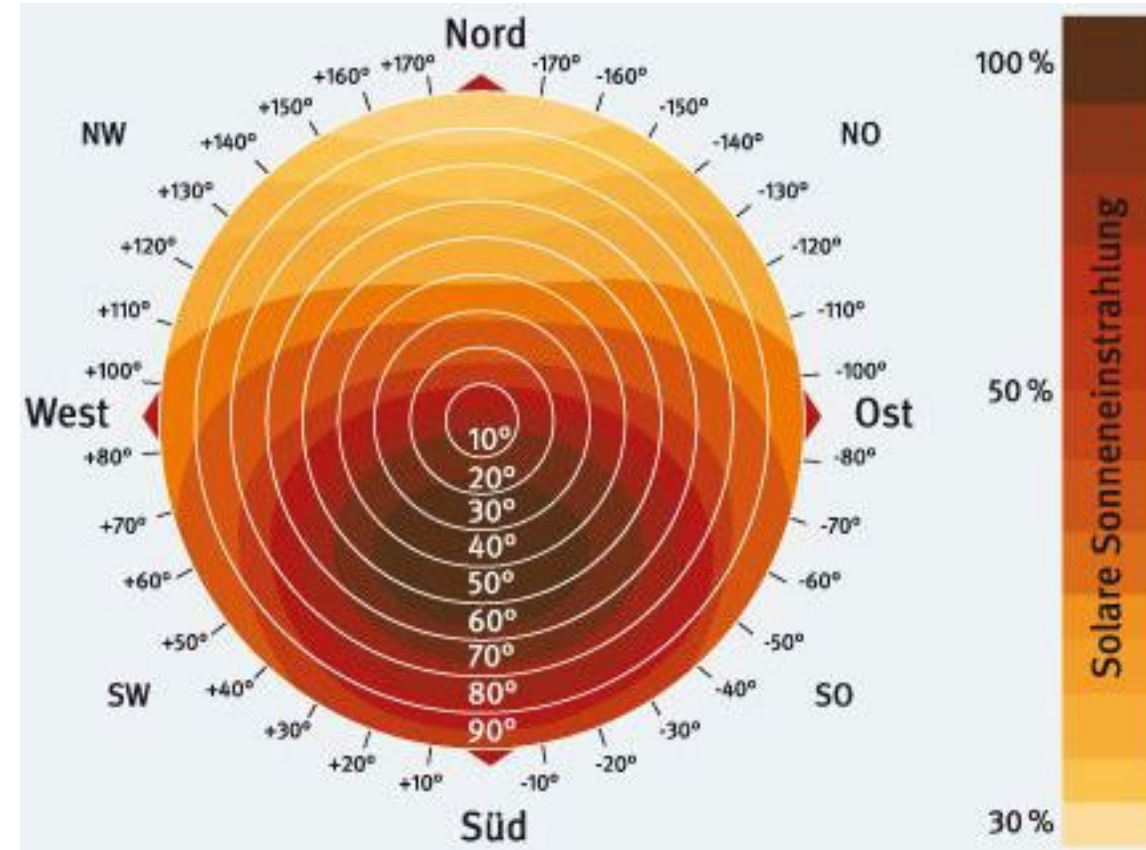


AVANCIS GmbH

# Einfluss des Sonnenstandes auf den Ertrag

- Nutzbare Einstrahlungsleistung hängt von der Ausrichtung und Neigung der PV-Anlage ab
- 0° Richtung Süden ist die optimale Ausrichtung
- Zwischen 20° und 60° liegt die optimale Neigung
- Berechnung der Solarstrahlung unter:

[https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte\\_solar\\_kataster](https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solar_kataster)

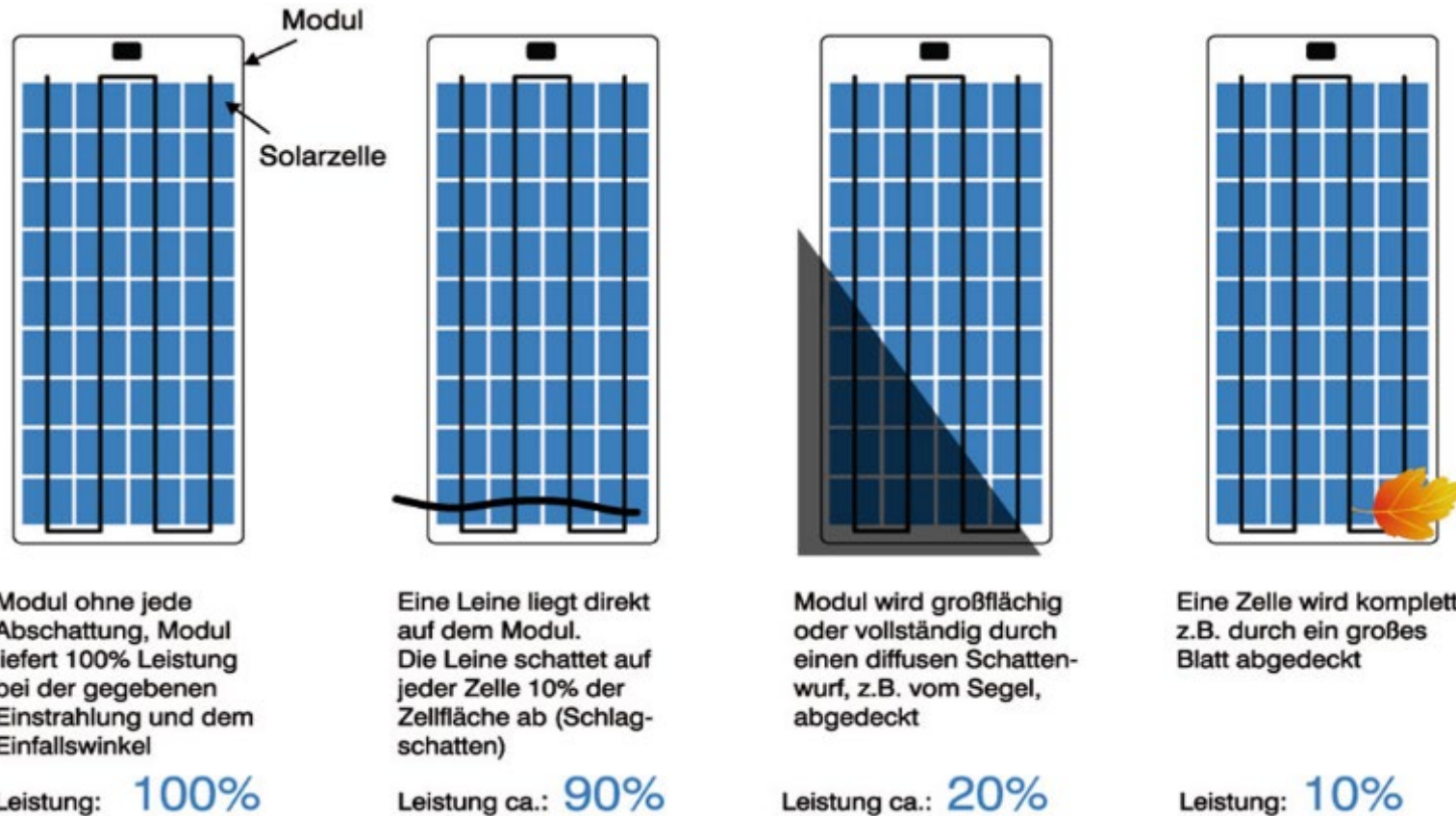


<http://www.photovoltaik-dobler.de/assets/images/ausrichtung.jpg>



# Verschattung von PV-Modulen

Prof. Dr. Stolz, Hochschule Koblenz

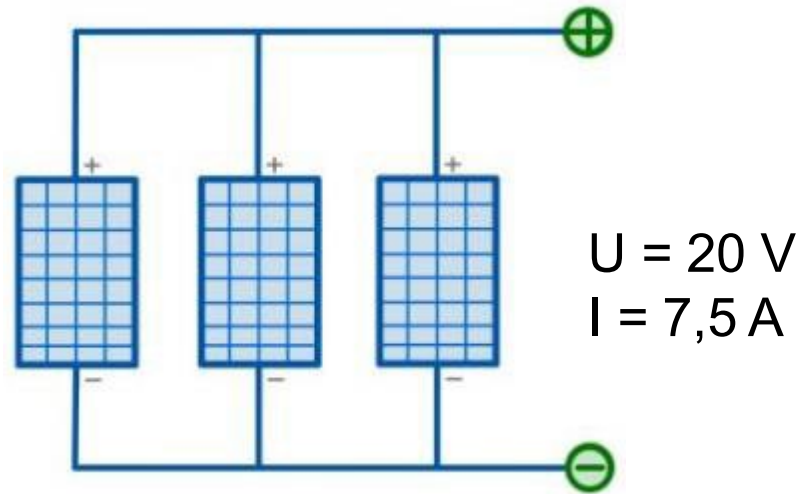


- Verschmutzung und Verschattung von Modulen vermeiden

# Unterschied Parallel- und Reihenschaltung

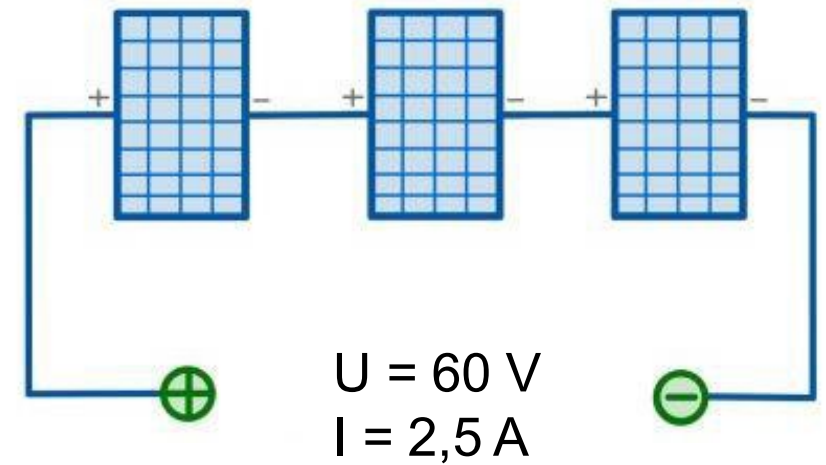
Daten pro Modul	
Spannung	20 V
Strom	2,5 A

## Parallel



- Spannung bleibt gleich
- Stromstärke addiert sich

## Reihe



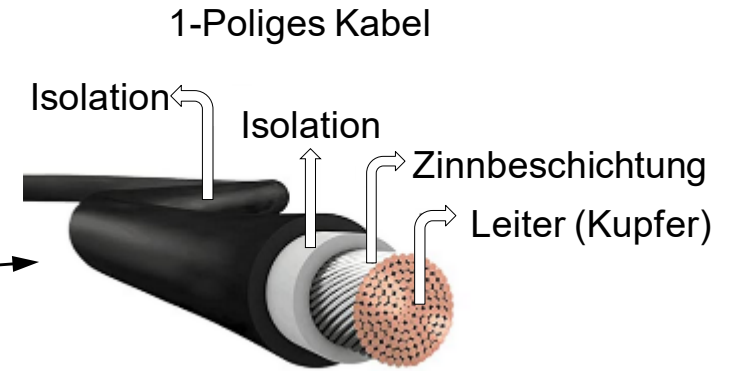
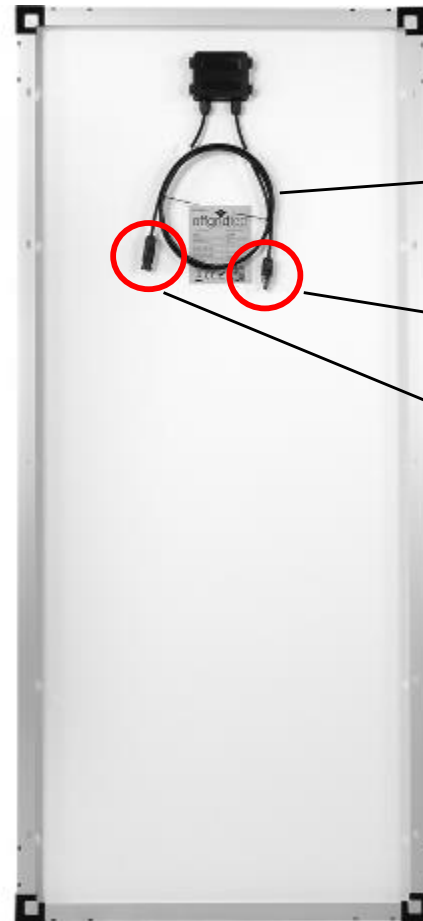
- Spannung addiert sich
- Stromstärke bleibt gleich

<https://www.xplore-dna.net/GrundlagenSolarzellen>

# Anschluss eines PV-Moduls



[https://www.novotegra.com/fileadmin/\\_processed\\_/8/f/csm\\_pv-montagesystem-flachdach\\_cf6288572e.jpg](https://www.novotegra.com/fileadmin/_processed_/8/f/csm_pv-montagesystem-flachdach_cf6288572e.jpg)

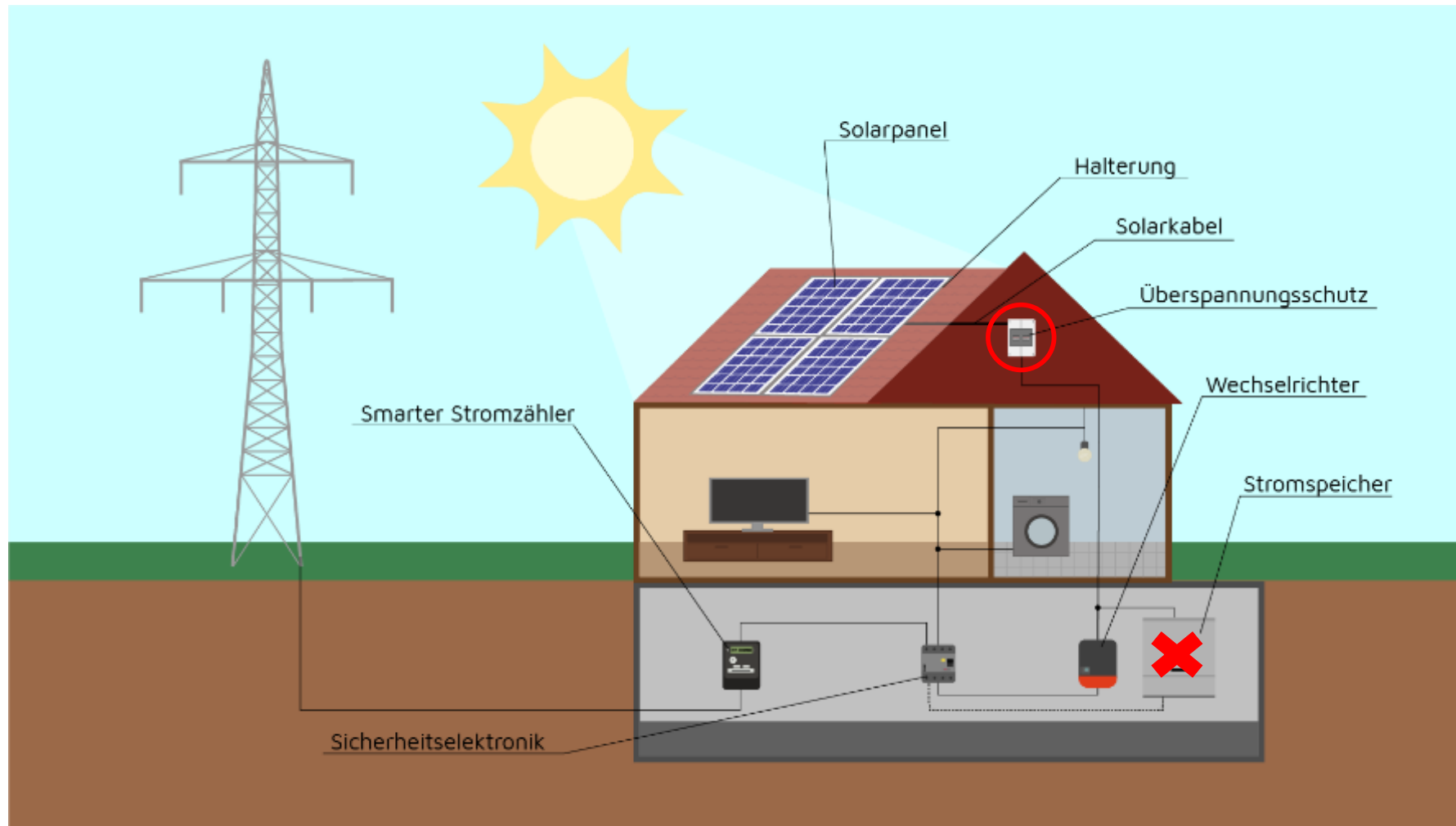


[https://www.amazon.de/Solarkabel-Verl%C3%A4ngerung-Verl%C3%A4ngerungskabel-Buchsen-Steckern-2M/dp/B0BDZ2QZGJ/ref=sr\\_1\\_7?keywords=mc4+kabel&qid=1685610599&sr=8-7](https://www.amazon.de/Solarkabel-Verl%C3%A4ngerung-Verl%C3%A4ngerungskabel-Buchsen-Steckern-2M/dp/B0BDZ2QZGJ/ref=sr_1_7?keywords=mc4+kabel&qid=1685610599&sr=8-7)

- Wichtig zu beachten:**
- Kabel + Stecker sollten TÜV-Zertifiziert sein
  - MC4 Stecker und Buchse sollten vom gleichen Hersteller sein



# Überspannungsschutz

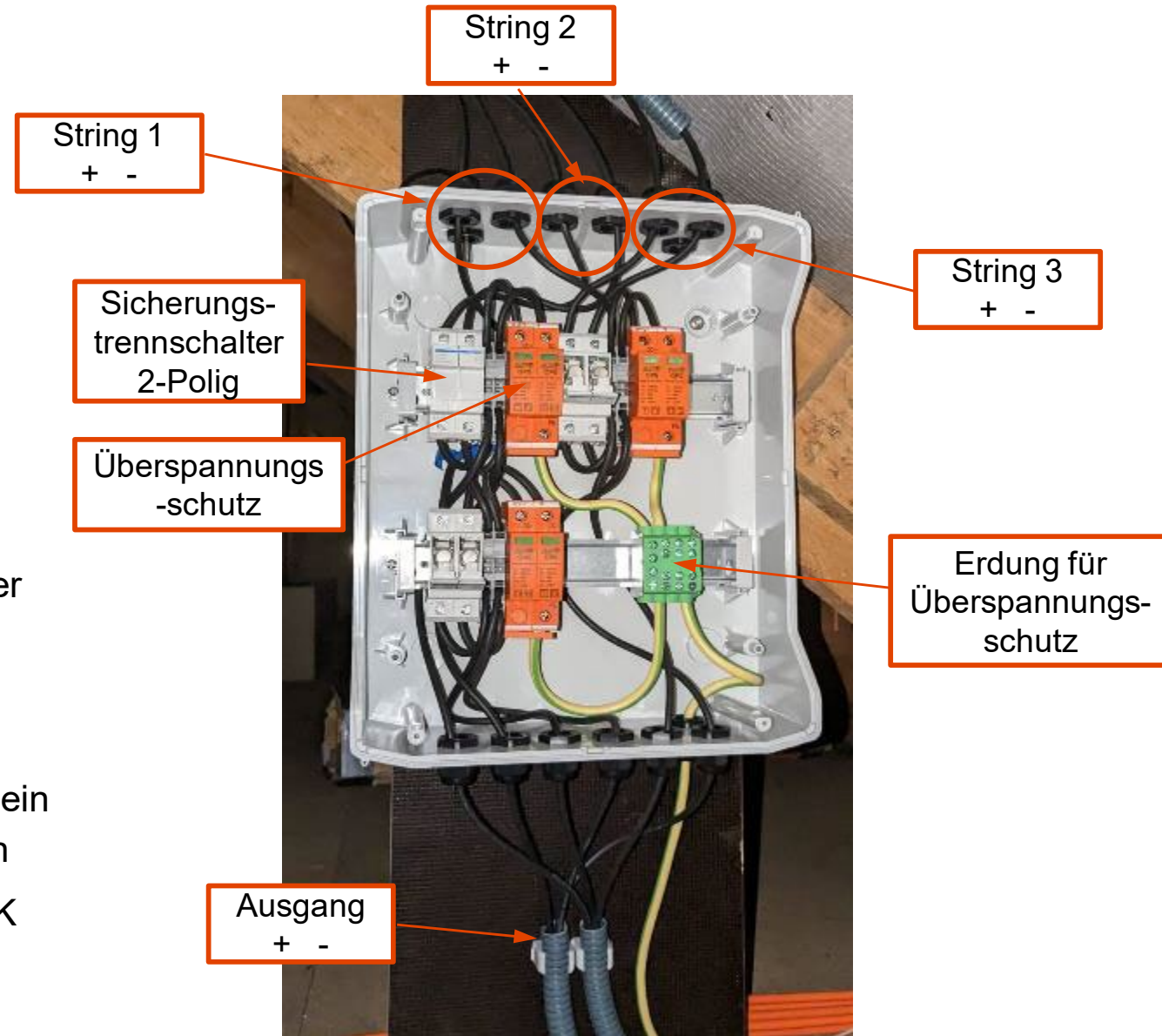


[https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau\\_PV\\_Simpel\\_TAG.png](https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png)

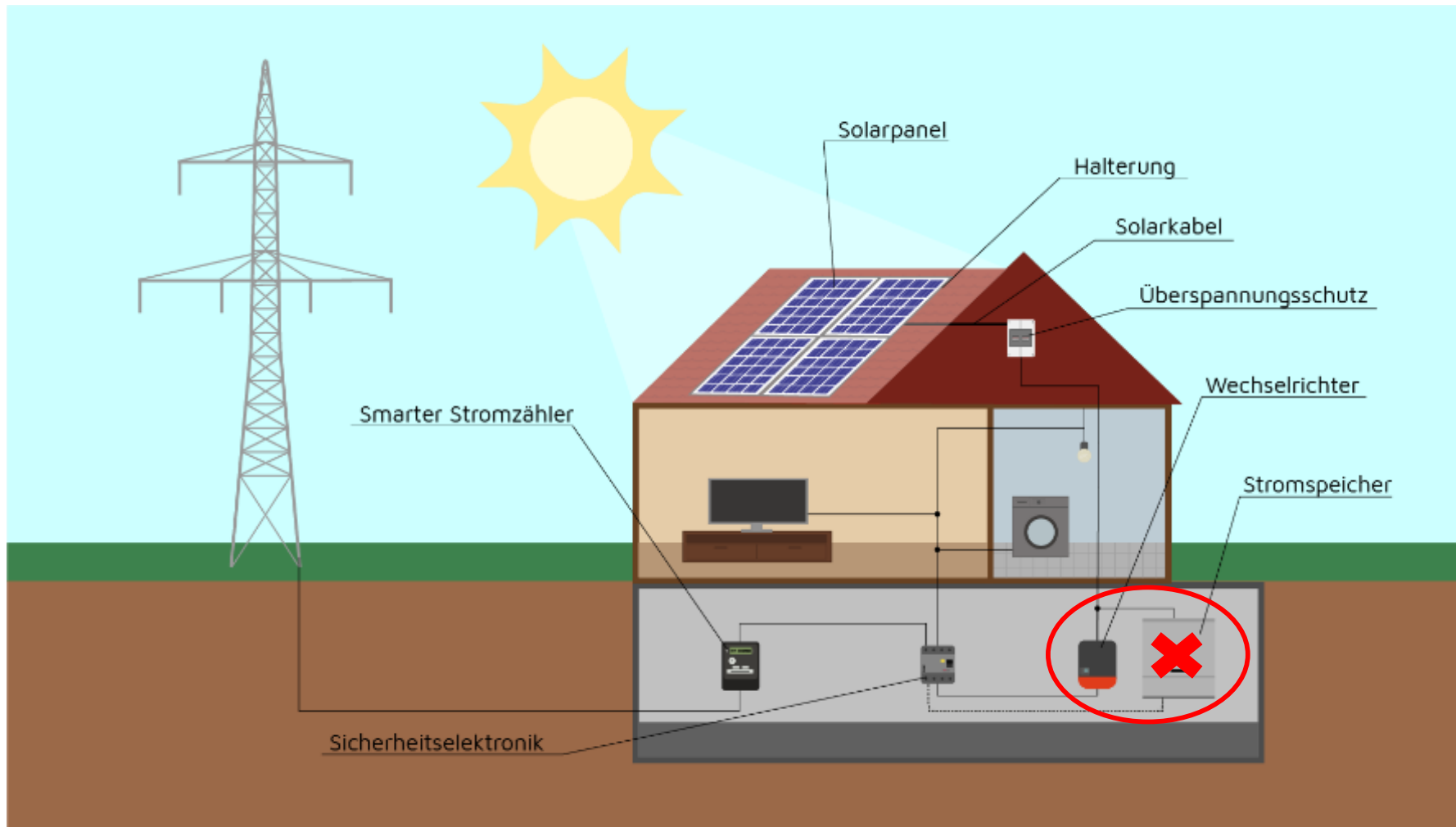
# Überspannungsschutz

Mittels GAK Generatoranschlusskasten

- Auf dem Bild wurden 3 Strings PV-Module angeschlossen
- Der Überspannungsschutz wird zwischen PV-Modul und Wechselrichter angebracht
- Der GAK muss in unmittelbarer Nähe des PV-Kabeleingangs zum Haus sitzen
- Die Strings sind an den Sicherungstrennschalter angeschlossen. Parallel dazu wird der Überspannungsschutz montiert
- Zwischen GAK und Wechselrichter dürfen maximal 10m Distanz liegen. Ansonsten muss ein weiterer Überspannungsschutz verbaut werden
- Potentialausgleich der PV-Module kann im GAK erfolgen.



# Wechselrichter



[https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau\\_PV\\_Simpel\\_TAG.png](https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png)



# Wechselrichter

## Hauptaufgaben:

- Wandlung von Gleichstrom auf Wechselstrom
- Leistungsoptimierung durch MPP-Tracking
- Netzüberwachung
- Einspeisen von Strom
- Sicherheit

## Wechselrichterarten:

- Inselwechselrichter
- Hybridwechselrichter
- Modulwechselrichter
- Stringwechselrichter
- Zentralwechselrichter



<https://www.sma.de/>

# Wechselrichterarten

Wechselrichterart	Vorteile	Nachteile
Modulwechselrichter	<ul style="list-style-type: none"><li>- Optimales MPP-Tracking</li><li>- Kleine Anlagen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Hohe Kosten</li><li>- Hoher Wartungsaufwand</li></ul>
Stringwechselrichter & Multi-Stringwechselrichter	<ul style="list-style-type: none"><li>- Mehrere Module können ohne große Verluste gesteuert werden</li><li>- Geringer Wartungsaufwand</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nur bei gleicher Ausrichtung nützlich</li></ul>
Zentralwechselrichter	<ul style="list-style-type: none"><li>- Einfache Wartung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Nur bei großen Anlagen mit gleicher Ausrichtung</li></ul>

# Auslegung Wechselrichter

Nennleistung der Generatorleistung muss der Leistung des Wechselrichters entsprechen (90% - 110%)

- Gesamtleistung von 5 kWp benötigt eine AC/DC-Peakleistung von etwa 5 kW (4,5 kW – 5,5 kW)

Maximale Eingangsspannung des Wechselrichters darf niemals überschritten werden.

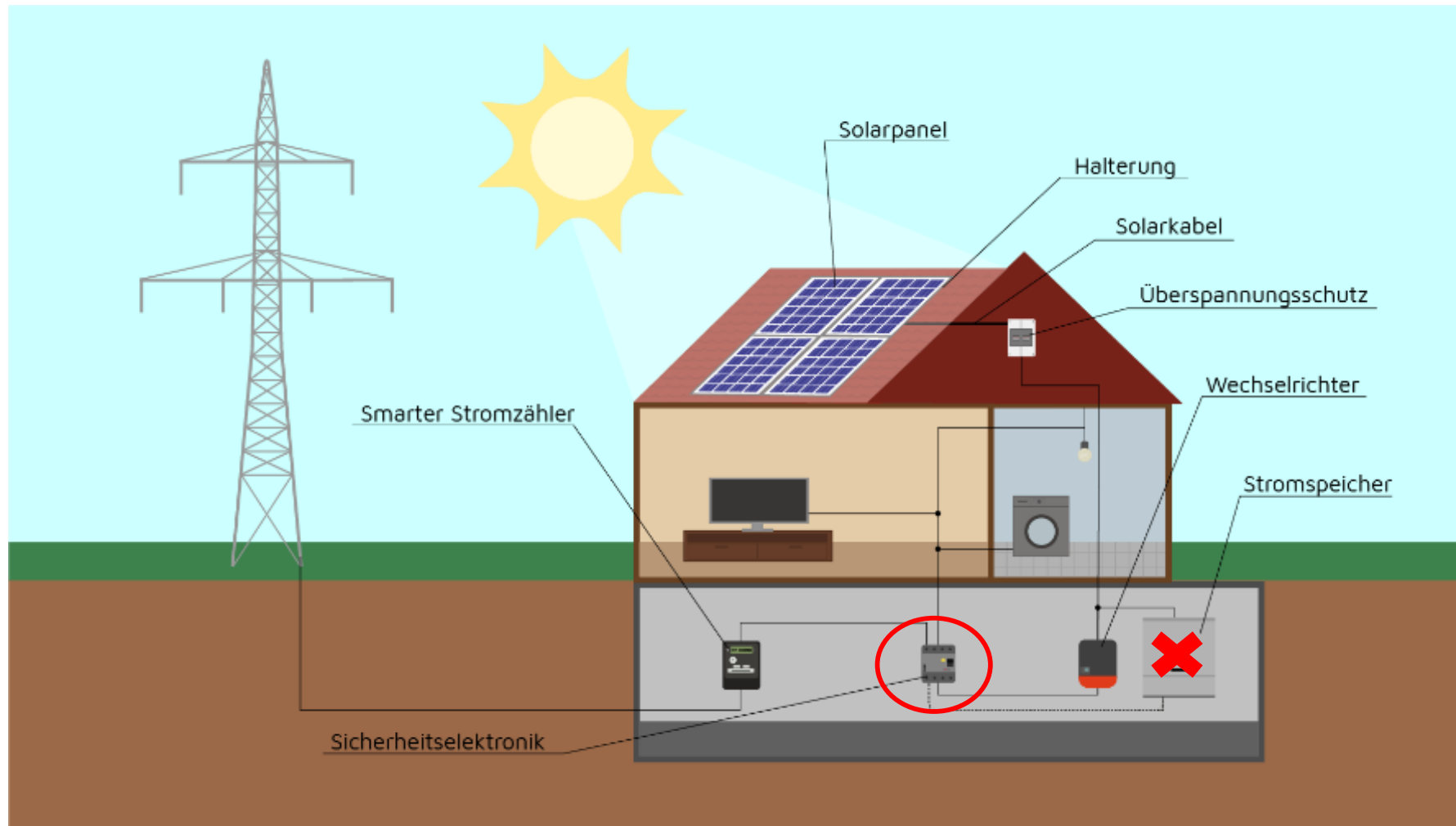
- Anlage wird abgeschaltet oder ein Neustart ist erforderlich

Die minimale MPP-Spannung des Wechselrichters sollte über der niedrigsten zu erwartenden MPP-Spannung des Generators liegen.

→ Weitere Informationen durch Prof. Dr. Ulf Blieske: <https://www.youtube.com/watch?v=2eWb1-5hRoQ>



# Sicherheitselektronik

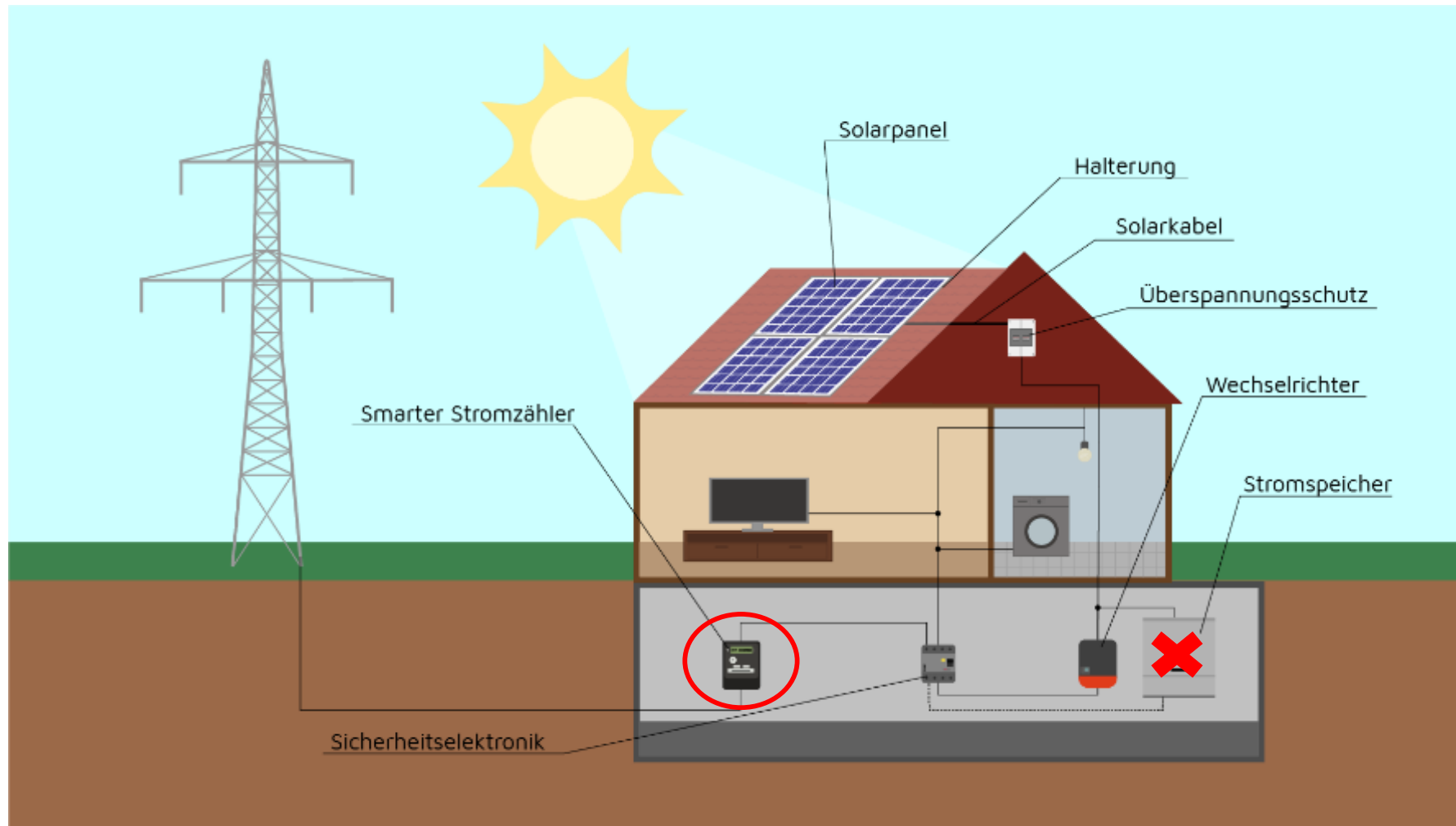


[https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau\\_PV\\_Simpel\\_TAG.png](https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png)

# Sicherheitselektronik

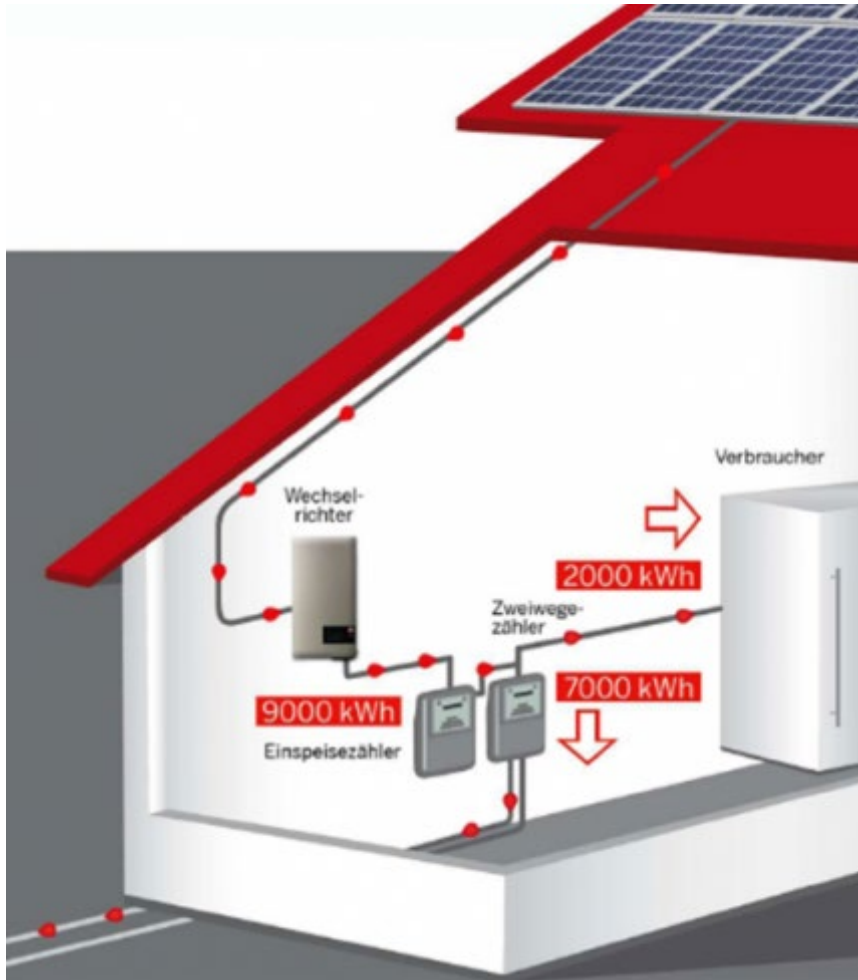


# Stromzähler



[https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau\\_PV\\_Simpel\\_TAG.png](https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png)

# Stromzähler



<https://taunus-solarenergie.de/solarstromrechner/eigenverbrauch-vs-volleinspeisung/>

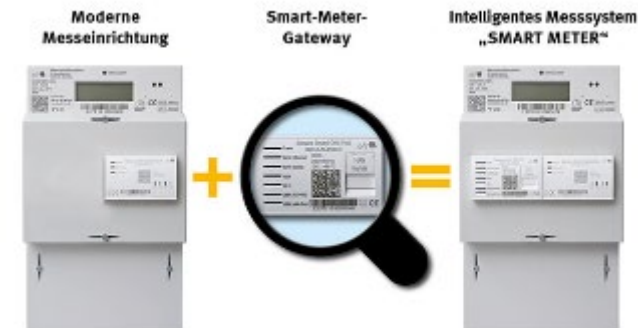
Eine Umrüstung der Stromzähler wird mit einer PV-Anlage auf 2 / 3 Stromzähler notwendig:

- Summenzähler - Erzeugte Solarenergie
- Einspeisezähler - Eingespeiste Energie ins Stromnetz
- Bezugszähler - Bezogene Energie aus dem Stromnetz

**Alternativ zum Einspeise- & Bezugszähler**

- Zweirichtungszähler - Kombiniert Einspeise- & Bezugszähler

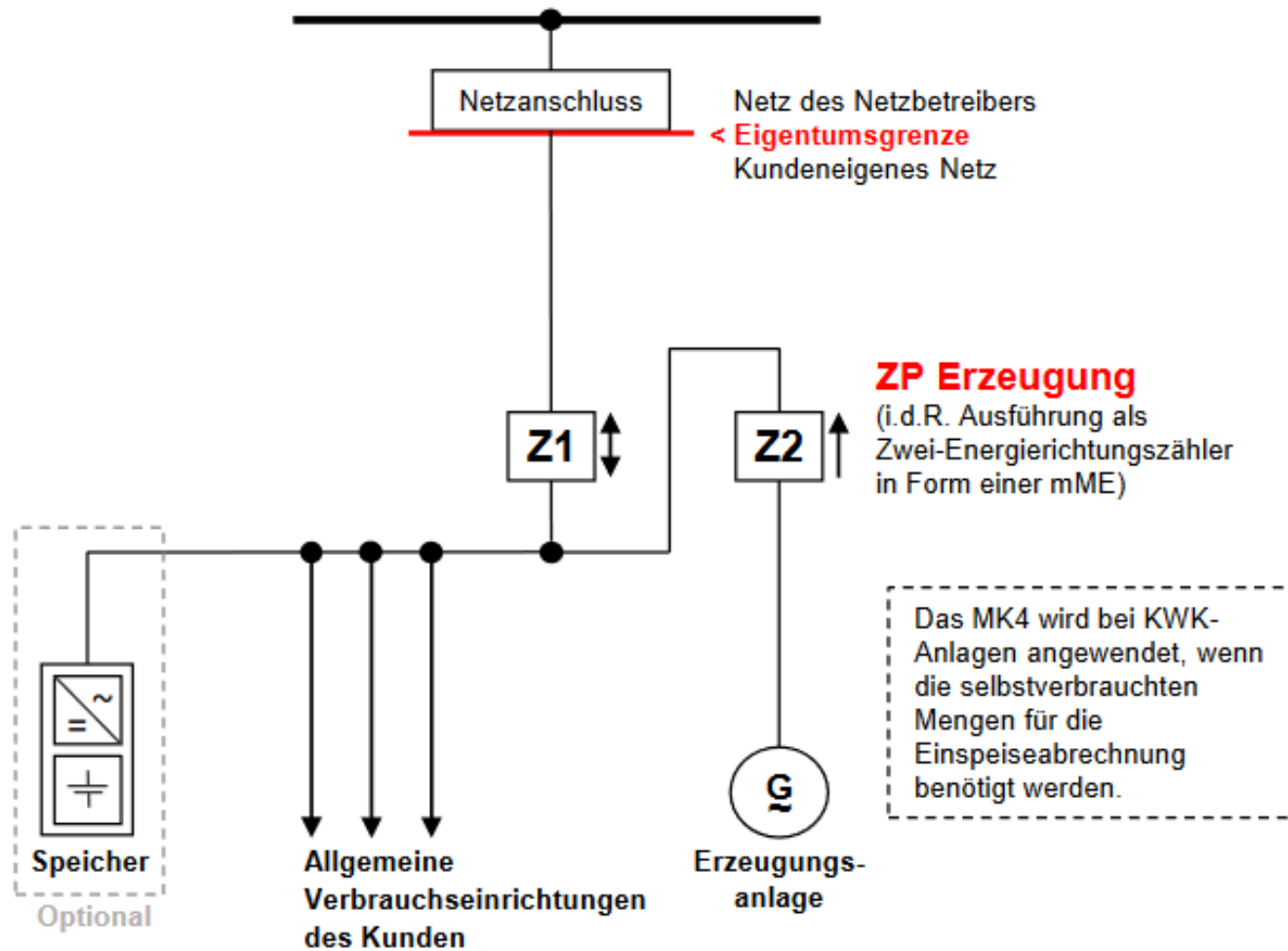
Ab 2032 gilt für alle Stromkunden die Pflicht für einen intelligenten Zähler.



<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/preise-tarife-anbieterwechsel/smart-meter-was-sie-ueber-die-neuen-stromzaehler-wissen-muessen-13275>



# Stromzähler Messkonzept von Westnetz



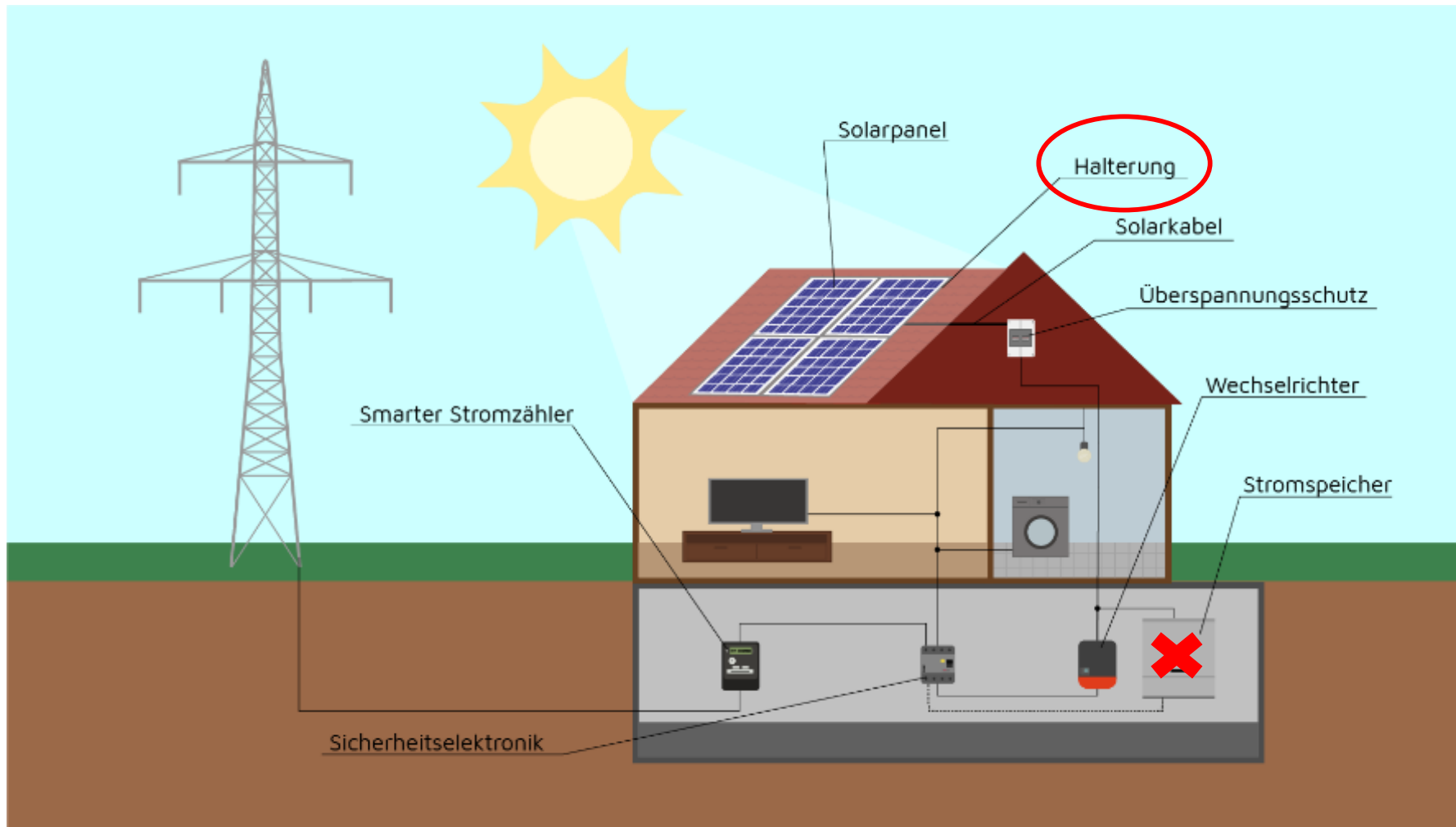
Bezug = Bezug Z1  
 Einspeisung = Einspeisung Z1  
 Selbstverbrauch = Einspeisung Z2 – Einspeisung Z1

Z2 wird nicht benötigt wenn die selbstverbrauchten Mengen für die Einspeiseabrechnung nicht notwendig sind.

- Messkonzept 2

Quelle: Westnetz Messkonzepte 2023 (Messkonzept 4)

# Unterkonstruktionen



[https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau\\_PV\\_Simpel\\_TAG.png](https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png)

# Unterkonstruktion

Die Auswahl der Unterkonstruktion muss je nach Dachstatik sowie Dachform unterschiedlich erfolgen. Hierbei ist wichtig, dass Sie sich mit Dachstatik auskennen oder einen Fachmann herbeiziehen!



[https://aluboerse.de/shop/solarpanel-aufstaenderung/?srsltid=AfAwRE7\\_0o9EhA-l52ikX4Xvek8XVY9LOTZOmQzKGNDUcTeibpSCUkHXboo](https://aluboerse.de/shop/solarpanel-aufstaenderung/?srsltid=AfAwRE7_0o9EhA-l52ikX4Xvek8XVY9LOTZOmQzKGNDUcTeibpSCUkHXboo)



<https://solarscouts.de/ValkBox-3-Flachdachmontage>



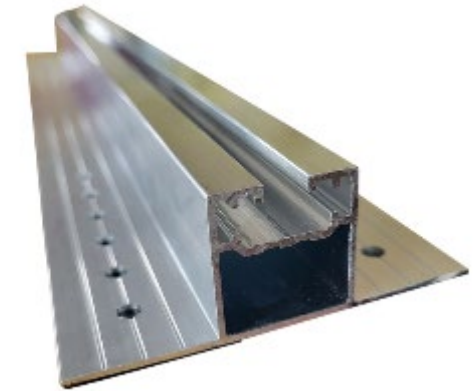
[https://shop-lieckipedia.de/Freistehendes-beschwerbares-Solar-Montagesystem-fuer-Flachdach-Modullaenge-1550-2400-mm\\_1?srsltid=AfAwRE783AA1lvbp2BNyhDznkc\\_p8xkoiCFVzHDzKhYogH9nuxVp7UtbYqM](https://shop-lieckipedia.de/Freistehendes-beschwerbares-Solar-Montagesystem-fuer-Flachdach-Modullaenge-1550-2400-mm_1?srsltid=AfAwRE783AA1lvbp2BNyhDznkc_p8xkoiCFVzHDzKhYogH9nuxVp7UtbYqM)

# Unterkonstruktion

Die Auswahl der Unterkonstruktion muss je nach Dachstatik sowie Dachform unterschiedlich erfolgen. Hierbei ist wichtig, dass Sie sich mit Dachstatik auskennen oder einen Fachmann herbeiziehen!



[https://www.dach-holzbau.de/imgs/1/2/2/9/5/6/9/\\_800\\_533.-4747b58d369f2afe.jpg](https://www.dach-holzbau.de/imgs/1/2/2/9/5/6/9/_800_533.-4747b58d369f2afe.jpg)



<https://www.store-charge.com/Montageschiene-fuer-Trapezblech-mit-Lochbild-und-EPDM-400x90x30mm/SO-11-01-01>



# Erzeugungsprofile

	Für 1 PV-Modul	Für 12 PV-Module
Maße	1,7m x 1,1m	6,8m x 3,3m
Flächenbedarf	1,87m <sup>2</sup>	22,5m <sup>2</sup>
Spitzenleistung	0,415 kW <sub>peak</sub>	5 kW <sub>peak</sub>
Neigungswinkel	5°	

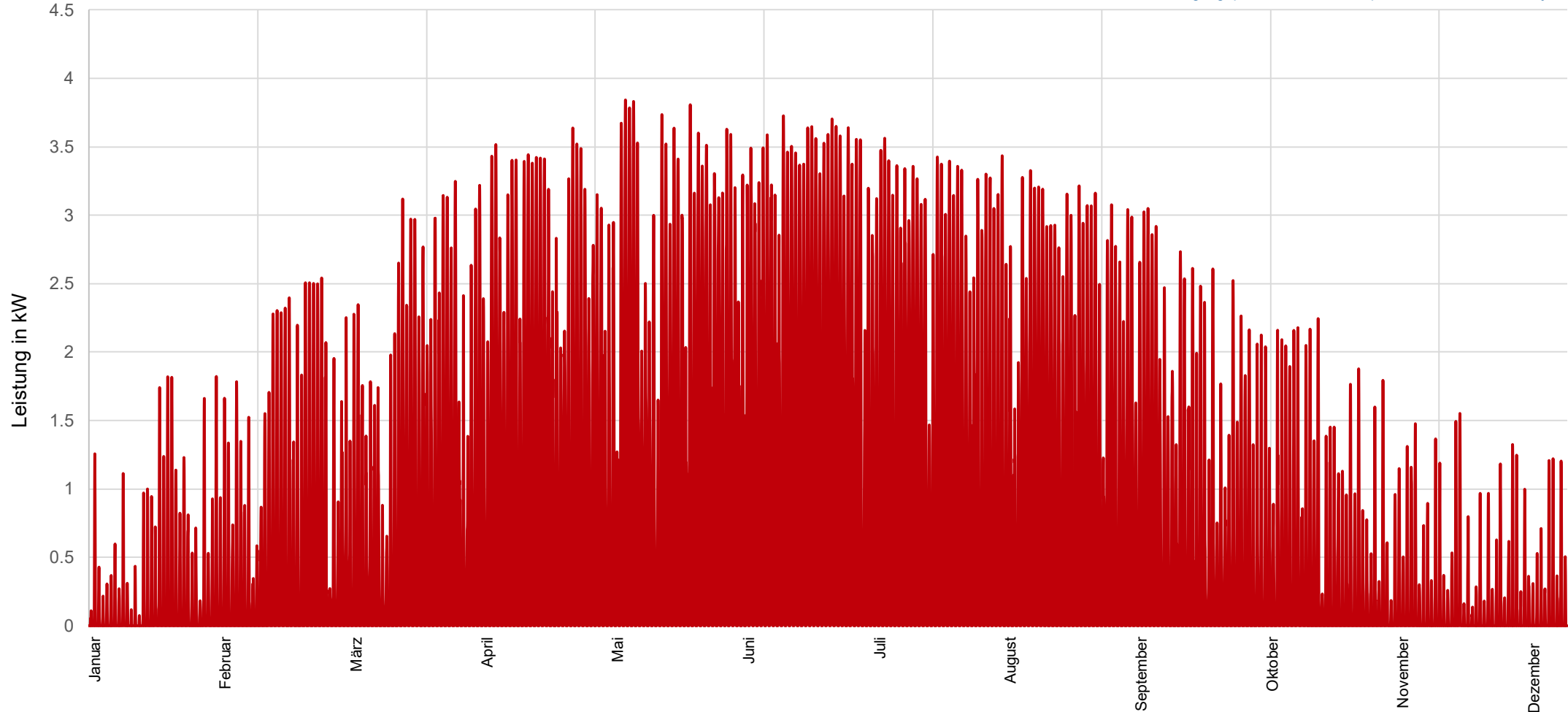
Technische Daten von: <https://www.secondsol.com/de/anzeige/31648/longi-solar/longi-solar/lr5-54hph-415m-415wp#gallery>

Wie viel Energie wird pro Jahr produziert, wenn 12 Module auf dem Dach der TH-Köln installiert werden?  
→ 5717 kWh

# Erzeugungprofil über 1 Jahr

Erzeugungprofil von 12 PV-Modulen auf der TH-Köln

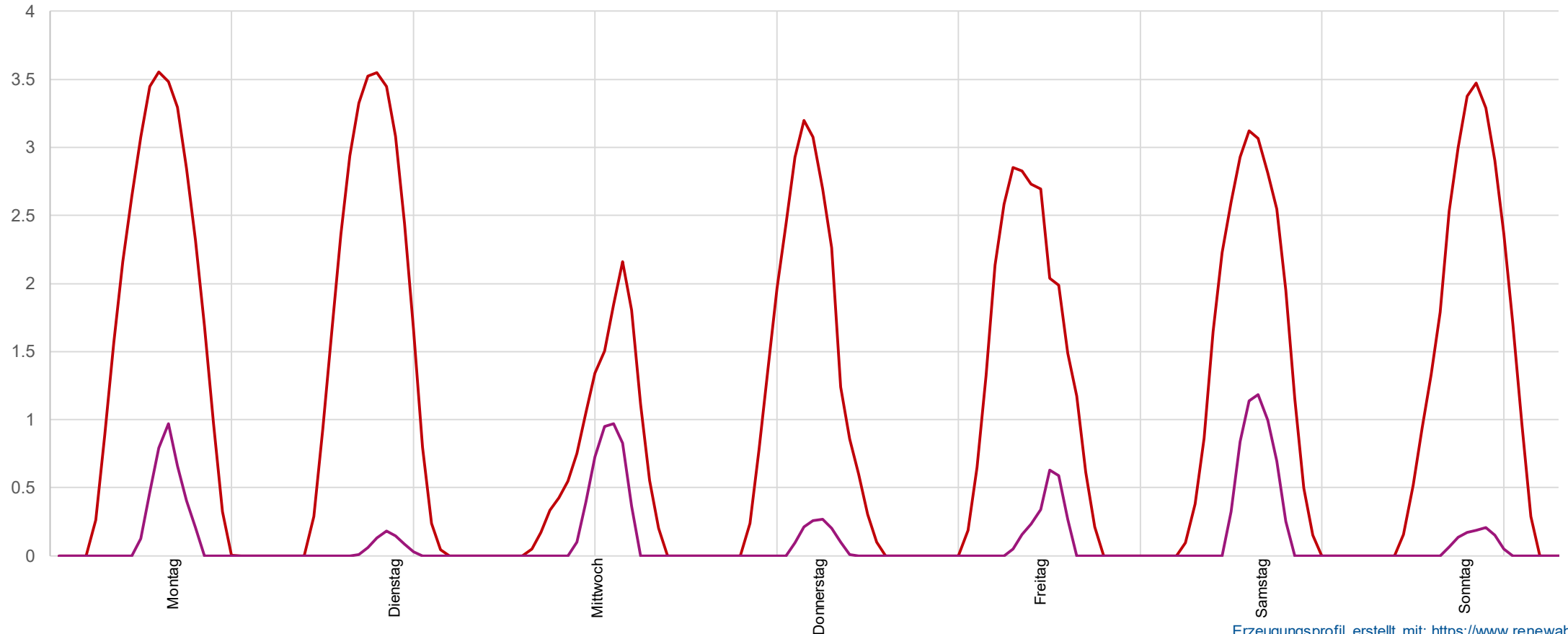
[Erzeugungprofil erstellt mit: https://www.renewables.ninja/](https://www.renewables.ninja/)



# Erzeugungsprofile einer zufälligen Sommer- & Winterwoche

Sommerwoche: 212kWh | Winterwoche: 19kWh

Sommer (09.07. – 16.07.) und Winterwoche (11.12. – 17.12.)



Erzeugungsprofil erstellt mit: <https://www.renewables.ninja/>

# Vergütung

## Eigenversorgung:

- Strom der PV-Anlage wird teilweise selbst genutzt
- Anlagen bis 10 kWp erhalten ca. 8,2 Cent pro kWh
- Anlagen ab 10 kWp erhalten ca. 7,1 Cent pro kWh

## Volleinspeisung:

- Strom wird komplett ins Netz eingespeist
- Muss vor Inbetriebnahme beim Netzbetreiber angemeldet werden
- Anlagen bis 10 kWp erhalten ca. 13,0 Cent pro kWh
- Anlagen ab 10 kWp erhalten ca. 10,9 Cent pro kWh

# Berechnung der Amortisationszeit

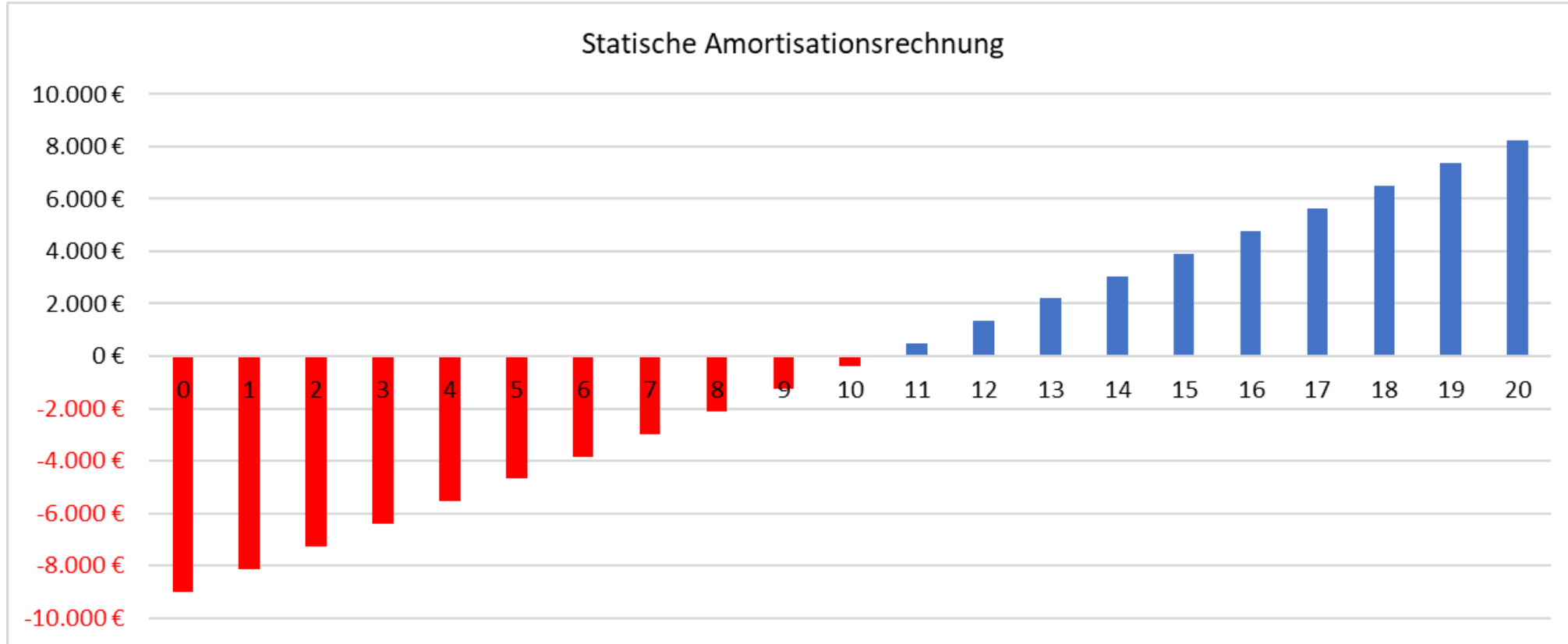
Zwischengröße	Beispiel 5 kWp-Anlage
Erzeugung PV-Anlage	5717 kWh
Verbrauch 4 Personen Haushalt	4500 kWh
Autarkiegrad	40% → 1800 kWh
Strompreis	0,35 €
Einspeisevergütung	0,082 €
Betriebskosten in % der Investitionssumme im Jahr	1% → 67,50€
Investitionskosten der Anlage in Euro/kWp	1800 €/kWp → bei 5 kWp = 9000€

→ Jährliche Ersparnis durch Eigenverbrauch: 630€

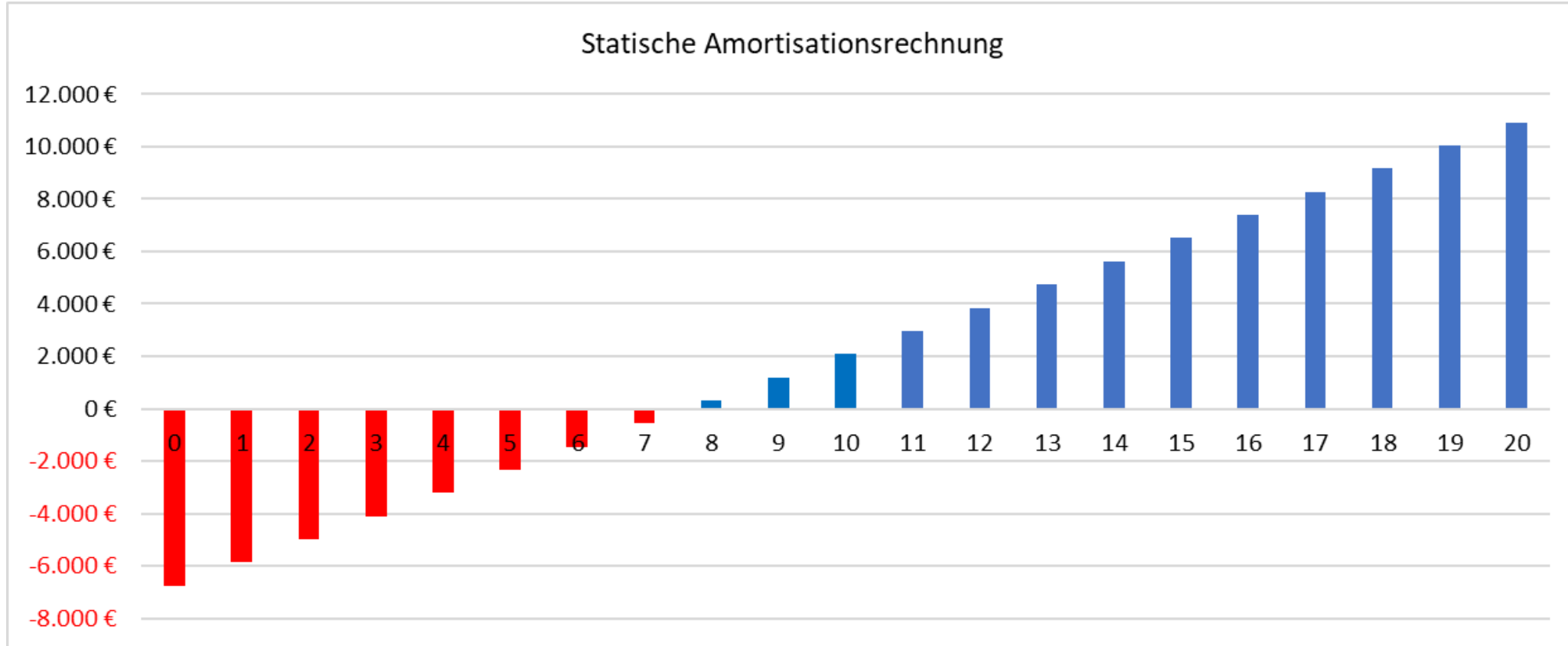
→ Jährlicher Ertrag durch die Einspeisung: 322€



# Amortisationsrechnung



# Amortisationsrechnung ohne Montage



→ Für die Umwelt lohnt es sich schon ab heute!

# Förderungen der Stadt Köln

## **PV-Anlagen:**

Neuinstallation von netzgekoppelten Photovoltaik-Anlagen mit einer installierten Leistung bis 50 Kilowatt-Peak (kWp).

Höhe: 250€ pro kWp installierte Leistung

## **Batteriespeicher:**

Neuinstallation von stationären Batteriespeichern in Kombination mit erstmalig errichteten und bestehenden PV-Anlagen mit einer installierten Leistung bis 50 Kilowatt-Peak (kWp).

Höhe: 150€ pro kWh Bruttospeicherkapazität

## **Steckersolargeräte:**

Förderfähig, wenn eine fachgerechte Montage der Einzelmodule und ein fachgerechter Anschluss an die Hausstromanlage bestätigt wird. Anlagen mit Gesamtleistung von maximal 600 Wp pro Wohneinheit

Höhe: 200€ pro Anlage

→ Weitere Infos: <https://www.stadt-koeln.de/artikel/71804/index.html>

# Anträge und Genehmigungen – Schritt für Schritt

1. Statiker\*in sollte das Dach prüfen
2. Gegebenenfalls Kommune kontaktieren bezüglich Denkmalschutz und Baugenehmigung
3. Netzbetreiber kontaktieren
  - Daten über PV-Anlage, Inbetriebnahmetermine, etc. (pro Forma)
  - Meist über Online-Portal des Netzbetreibers

Die mit einem \* gekennzeichneten Felder sind Pflichtfelder und müssen ausgefüllt werden!

Maßnahme\*  Neuanlage  
 Anlagenerweiterung

Einspeisung\*  Einspeisung auf Grundlage des EEG (Photovoltaik, Windkraft, etc.)  
 Einspeisung auf Grundlage des KWKG (BHKW, etc.)

Geplante Einspeiseleistung\*

Leistung/Art\*  Photovoltaik  
 Biomasse  
 Erdgas  
 Heizöl  
 Flüssiggas  
 Sonstige

Geplanter Inbetriebnahmetermin\*

Ist der Einsatz eines Energiespeichers vorgesehen?\*  Ja  
 Nein

# Anträge und Genehmigungen - Schritt für Schritt

4. Anlage installieren
5. Haus- und Netzanschluss darf nicht selbst übernommen werden
  - Elektriker\*in wird benötigt
  - Inbetriebnahmeprotokoll wird erstellt
6. Nach Inbetriebnahme muss die Anlage innerhalb eines Monats bei der Bundesnetzagentur angemeldet werden
  - Inbetriebnahmeprotokoll des Elektrikers wird benötigt
  - <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>



# Mögliche Unternehmen zur Beschaffung der Materialien

## Solarmodule:

- Heckert Solar (deutsche Modulproduktion, importierte Zellen)
- Solarwatt (teils deutsche Modulproduktion, Cradle-to-Cradle-zertifiziert)
- Meyer Burger (deutsche & europäische Zell- und Modulproduktion)
- Energetica
- Solitek (aus Litauen, Cradle-to-Cradle-zertifiziert)
- CSW (teils deutsche Modulproduktion)

## Modulwechselrichter:

- AEConversion (deutsche Firma)
- aufgrund der insgesamt schwierigen Beschaffungslage auch von Hoymiles, Bosswiek & Deye
- und möglicherweise zukünftig Solar Native (deutsche Firma mit deutscher Produktion in Hofheim bei Frankfurt am Main)

# Mögliche Unternehmen zur Beschaffung der Materialien

## Wechselrichter:

- Fronius (Österreich)
- SolarEdge (Israel, USA)
- SMA (Deutschland)

## Unterkonstruktionen:

- K2 (Deutschland)
- Schletter (Deutschland)
- Wagner Solar mit dem TRIC-System

## 6. Praktischer Teil

Viel Spaß mit dem ausprobieren der PV-Module.

Bei sämtlichen Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.



[https://images.live.dumontnext.de/live\\_c6380269-50a6-483d-ab9f-ef266c207317.jpg?w=1000&auto=format&q=75&format=auto&rect=0,0,1920,960&s=2efaed4ace7ce8058e334e9878cf6198](https://images.live.dumontnext.de/live_c6380269-50a6-483d-ab9f-ef266c207317.jpg?w=1000&auto=format&q=75&format=auto&rect=0,0,1920,960&s=2efaed4ace7ce8058e334e9878cf6198)

29.06.2023

Masterprojekt „Mach's selber“ – PV für alle!

CIRE – Cologne Institute for Renewable Energy

Seite 41

Lucas Nitsche, Daniel Ravenstein, Max Pazda, Nils Keller, Hendrik Klein

**Technology**  
**Arts Sciences**  
**TH Köln**

# Quellen

<https://www.thermondo.de/info/rat/photovoltaik/wechselrichter/>

<https://echtsolar.de/wechselrichter/>

<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/wechselrichter/auslegung>

<https://photovoltaik.one/photovoltaik-kosten>