



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

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

27.10.2023

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

CIRE – Cologne Institute for Renewable Energy

Seite 1

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

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Inhaltsverzeichnis



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

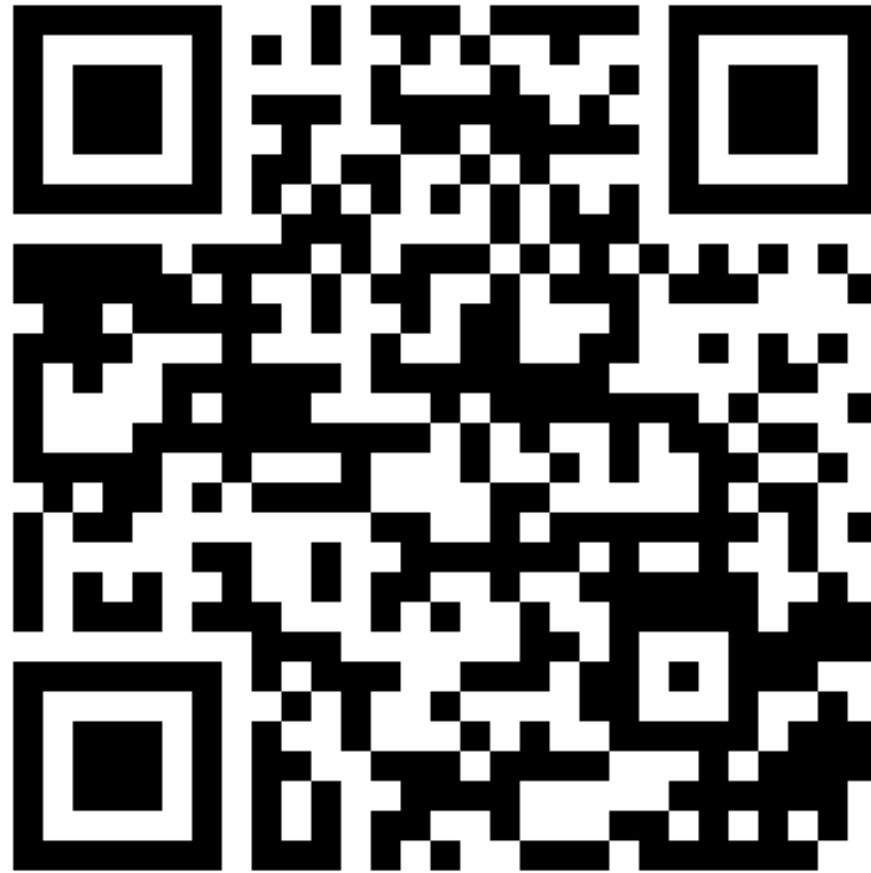
- Studierende des Masterstudiengangs Erneuerbare Energien
- Seminare sind entstanden aufgrund des Masterprojekts
 - Das Masterprojekt ist Teil des Studienverlaufs

Motivation

- Interessierten Bürgern den Einstieg in EE vereinfachen
- Ausbau von Erneuerbare Energien vorantreiben
- Aufklärungsarbeit leisten über PV und die damit verbundene Klimawende
- Fachlicher Austausch und Diskussionen mit der Gesellschaft über Erneuerbare Energien



Evaluation der Workshop-Ergebnisse

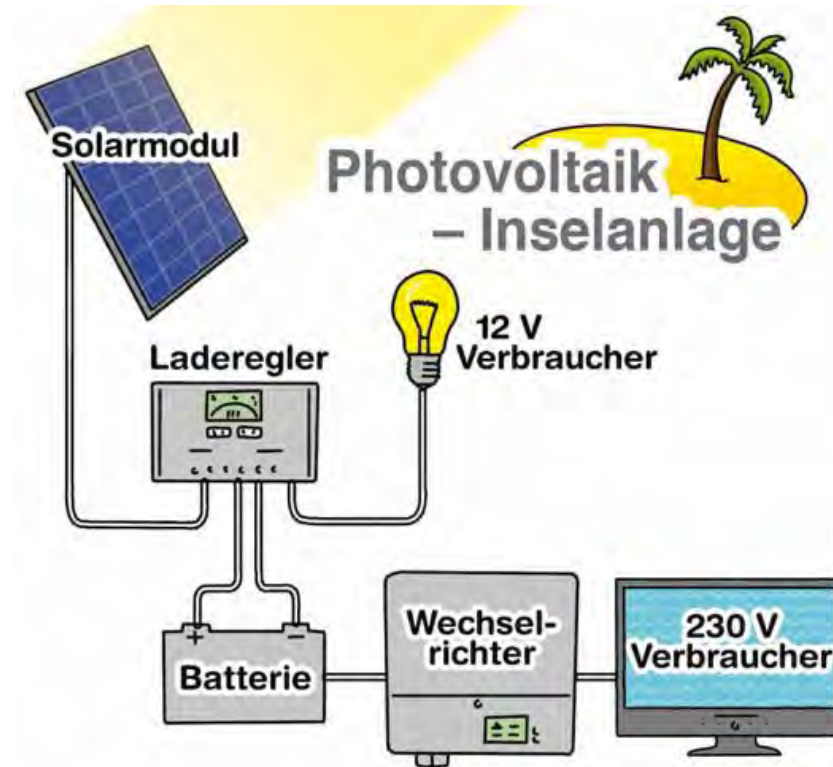


<https://www.umfrageonline.com/c/xufvzxjr>

Hinweis zu weiteren Workshops

Workshop Offgrid Inselanlagen

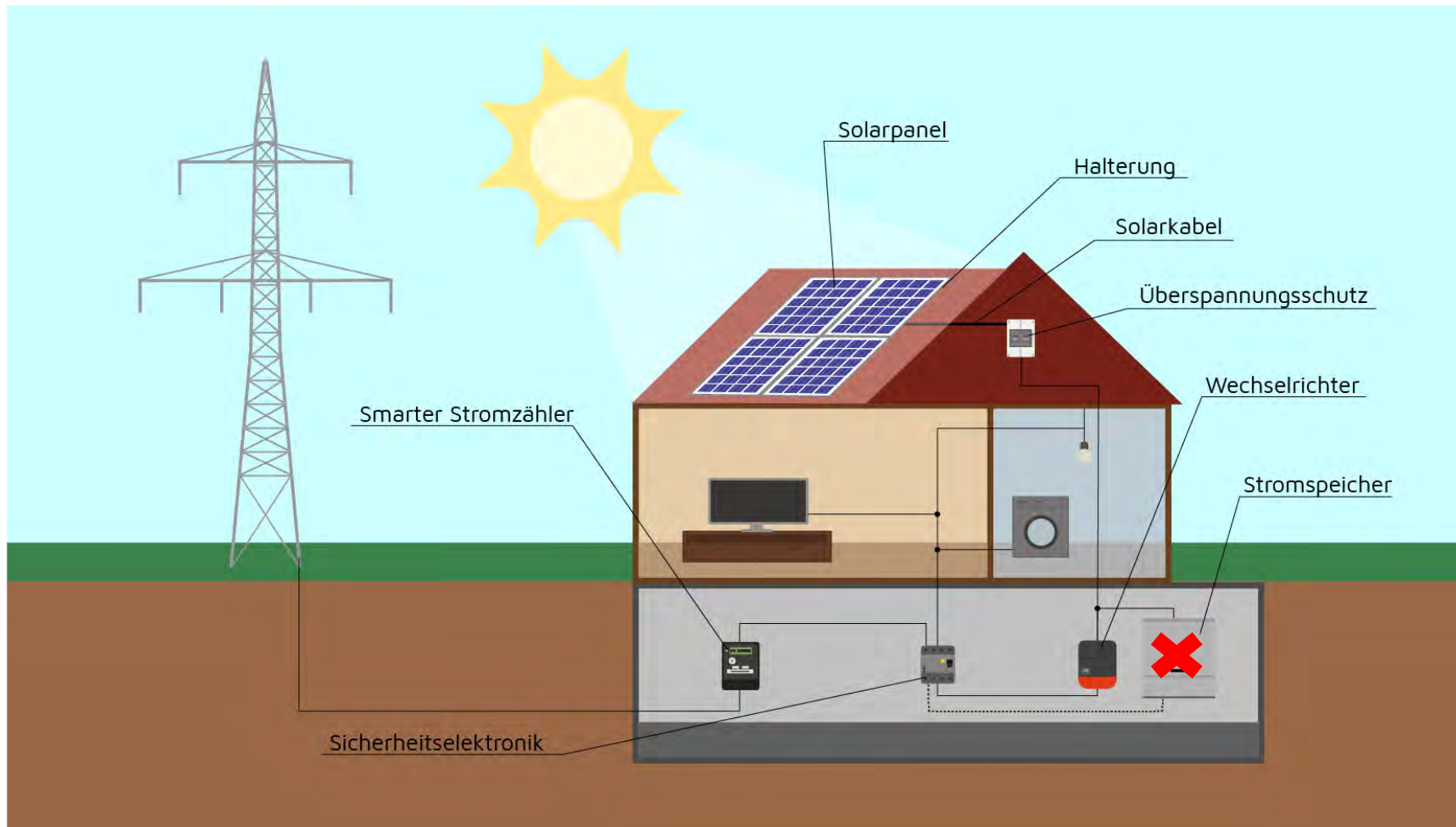
- 05.07.2023 um 16:30 Uhr



solaranlage-ratgeber.de/inselanlage

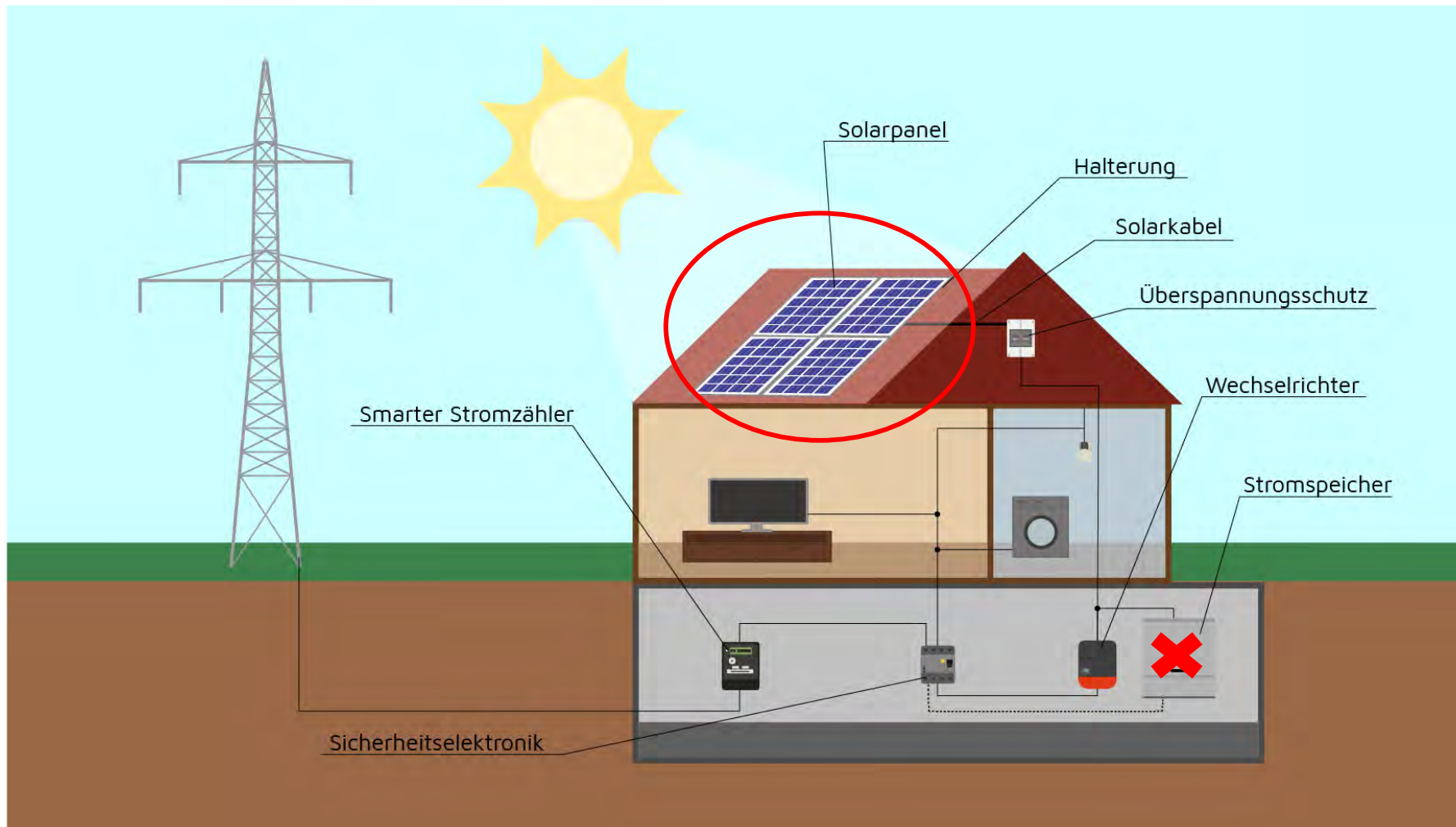
Bei Interesse gerne eine E-Mail an machselberpv@mail.de

Funktion einer PV-Anlage



https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png

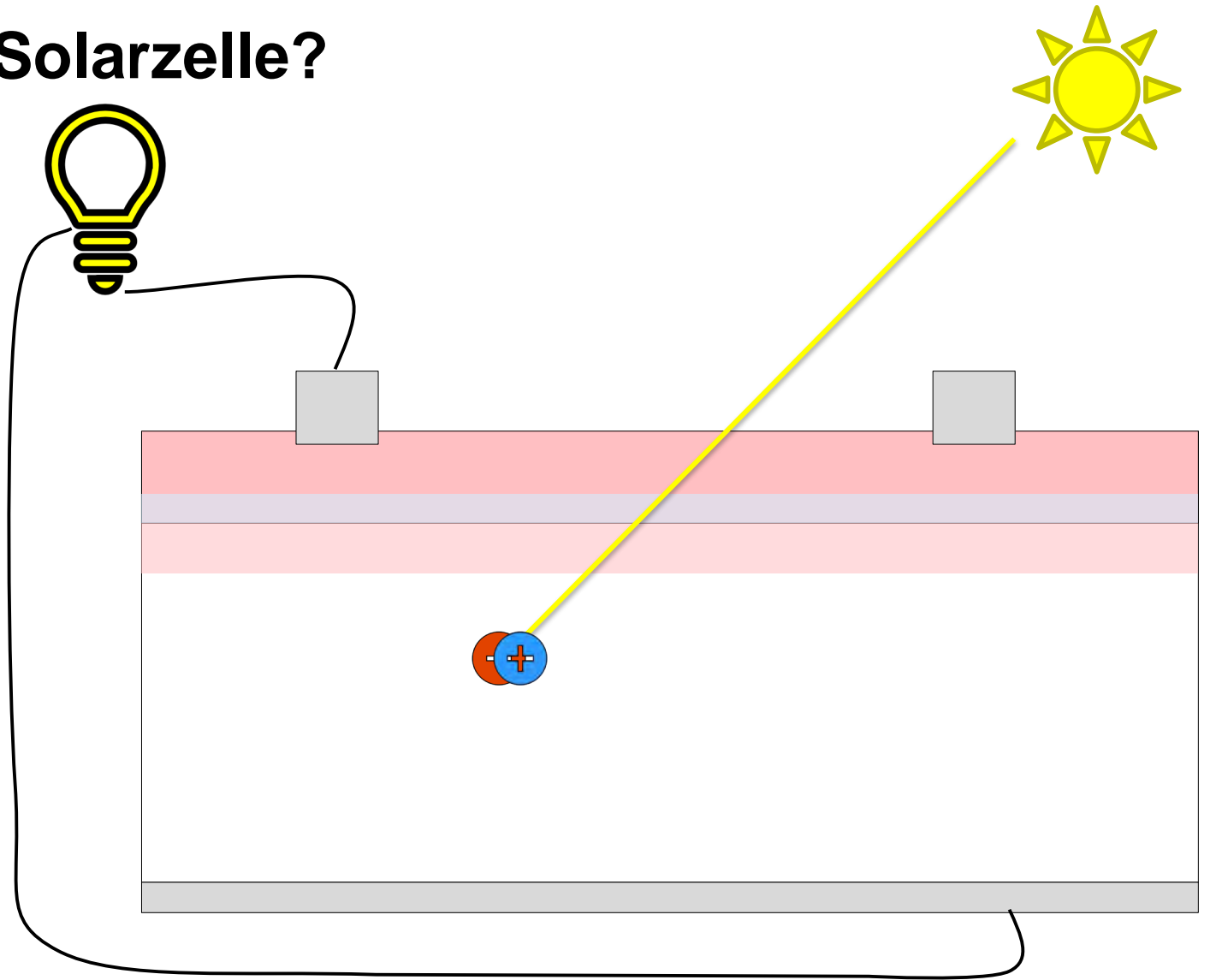
Funktion und Aufbau eines PV-Moduls



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:

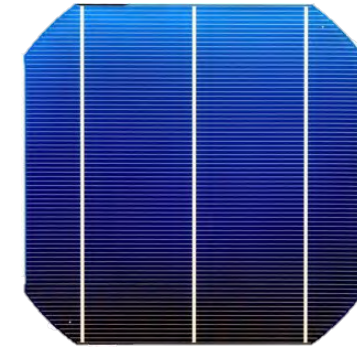
- Wafer aus einem zusammenhängend „gezüchtetem“ Siliziumkristall
- Höchster Wirkungsgrad
- Teurer

Multi-/Polykristalline Solarzellen:

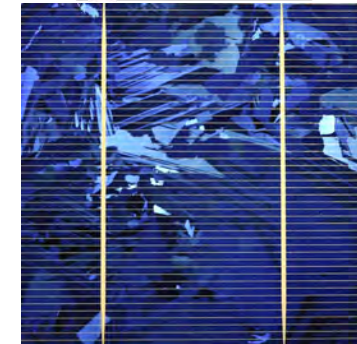
- Wafer aus mehreren, unterschiedlich ausgerichteten Siliziumkristallen
- Niedrigerer Wirkungsgrad als monokristalline
- Etwas günstiger

Dünnschicht Solarzellen:

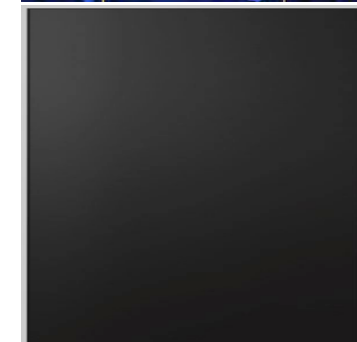
- Keine Wafer nötig, Trägermaterial (Glas, Metall oder Kunststoff) wird mit Halbleitermaterial beschichtet
- Niedrigere Produktionskosten (weniger Material, einfachere Produktion)
- Deutlich geringerer Wirkungsgrad
- Deutlich günstiger



Institut für
Solarenergieforschung
Hameln



Entwicklung PV -
Ulf Blieske

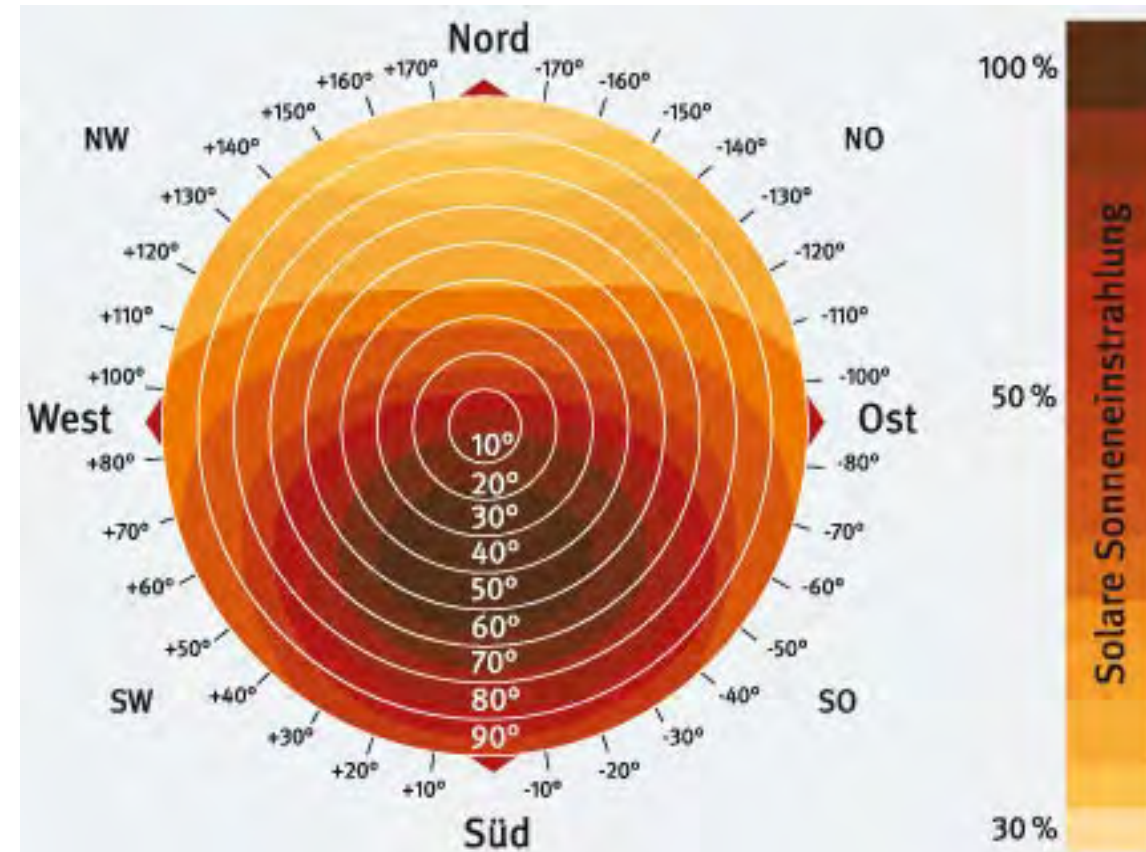


AVANCIS GmbH

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:

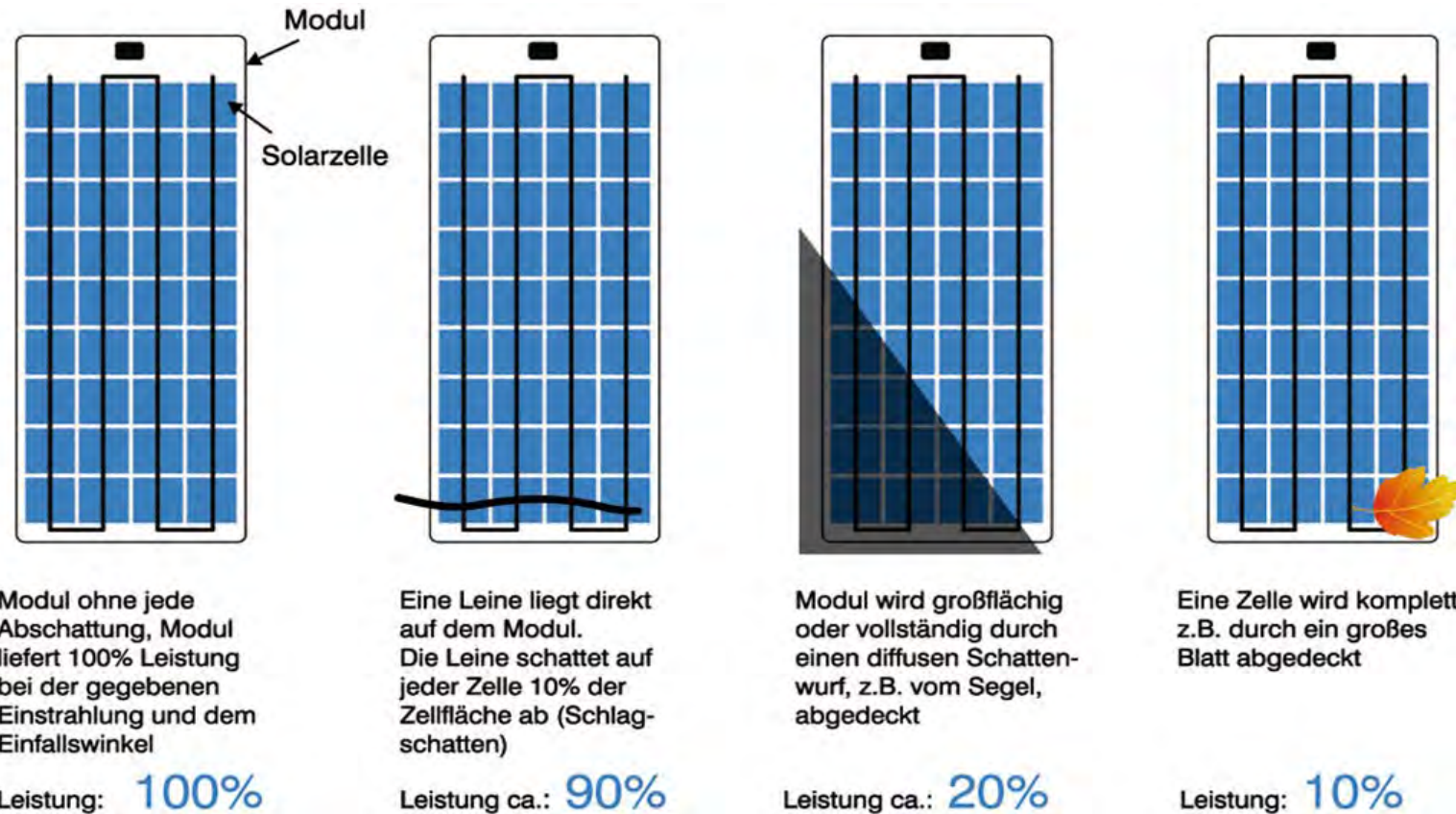
https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solar_kataster



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

Verschattung von PV-Modulen

Prof. Dr. Stolz, Hochschule Koblenz

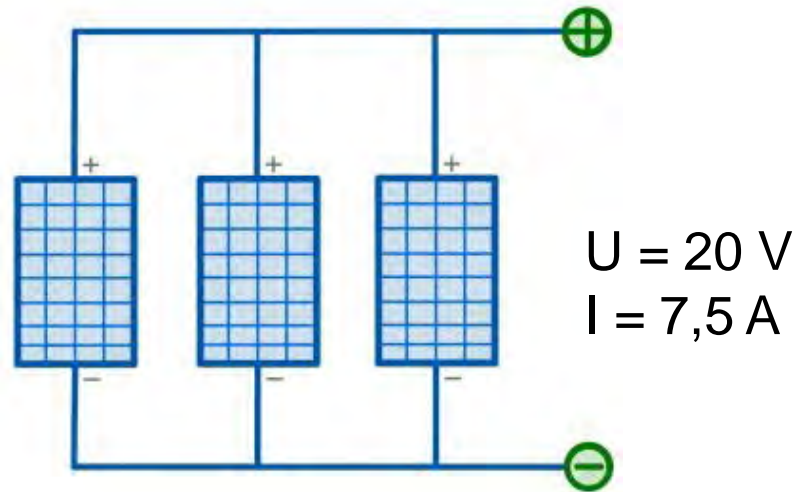


- Verschmutzung und Verschattung von Modulen vermeiden

Unterschied Parallel- und Reihenschaltung

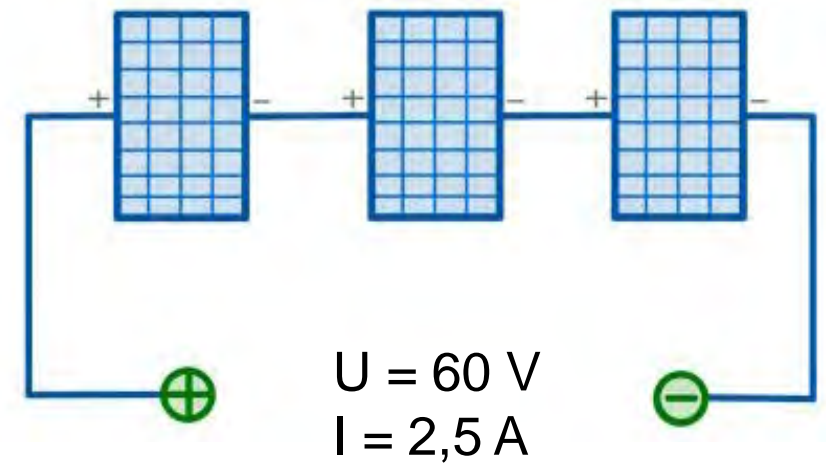
Daten pro Modul	
Spannung	20 V
Strom	2,5 A

Parallel



- Spannung bleibt gleich
- Stromstärke addiert sich

Reihe



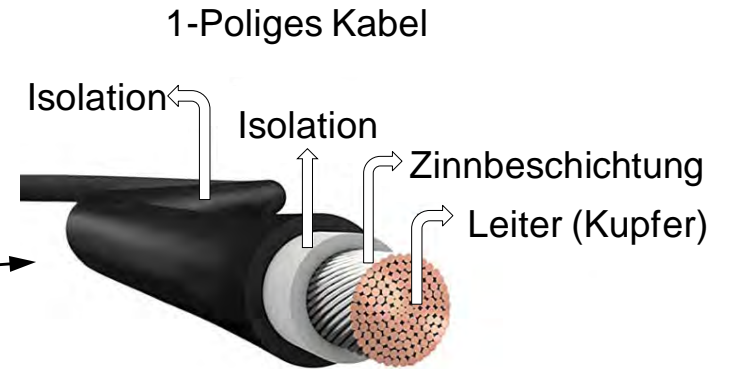
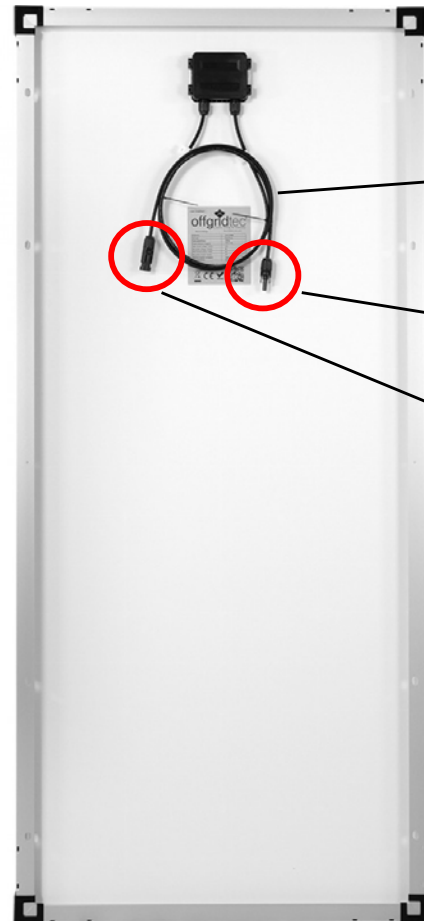
- Spannung addiert sich
- Stromstärke bleibt gleich

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

Anschluss eines PV-Moduls



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

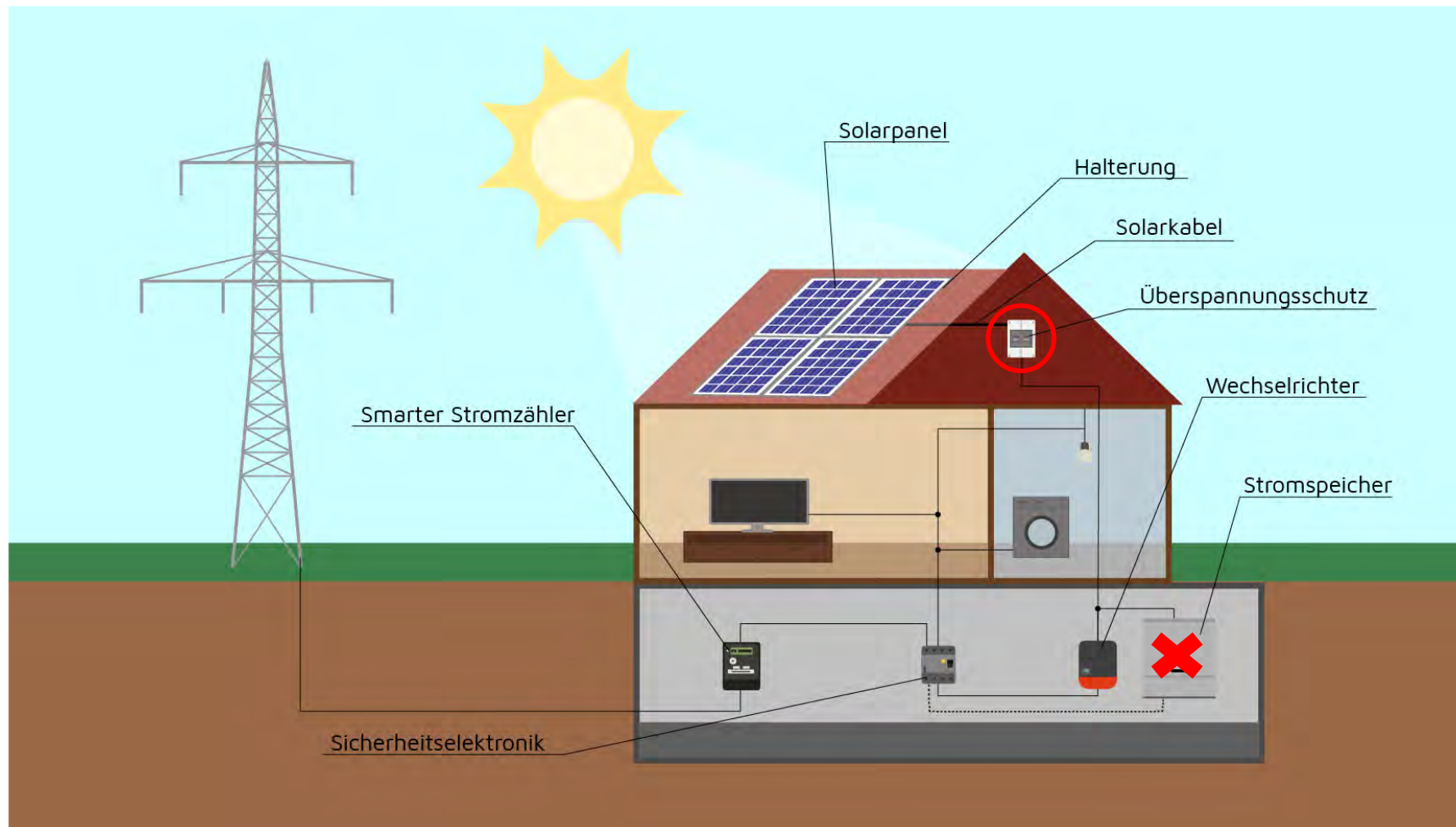
- Wichtig zu beachten:
- Kabel + Stecker sollten TÜV-Zertifiziert sein
 - MC4 Stecker und Buchse sollten vom gleichen Hersteller sein

Technische Daten eines PV-Moduls



	Technischen Daten		Beispielwerte
Pmax	Peak Power	Maximale Nennleistung	170 W
Imp	Maximum Power Current	Maximaler Strom	7,95 A
Vmp	Maximum Power Voltage	Nennspannung	21,4 V
Isc	Short-Circuit Current	Kurzschlussstrom	8,25 A
Voc	Open Circuit Voltage	Leerlaufspannung	25,6 V
	Power Tolerance		±3%
	Application Class		A
	Weight	Gewicht	8,5 kg
	Dimension	Abmessungen	1200x670x30 mm
	Maximum System Voltage	Maximale Systemspannung	1000V

Überspannungsschutz



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. Kann aber auch abhängig vom Blitzschutzkonzept anders realisiert werden.

*Als String bezeichnet man mehrere PV-Module die in Reihe geschaltet wurden.

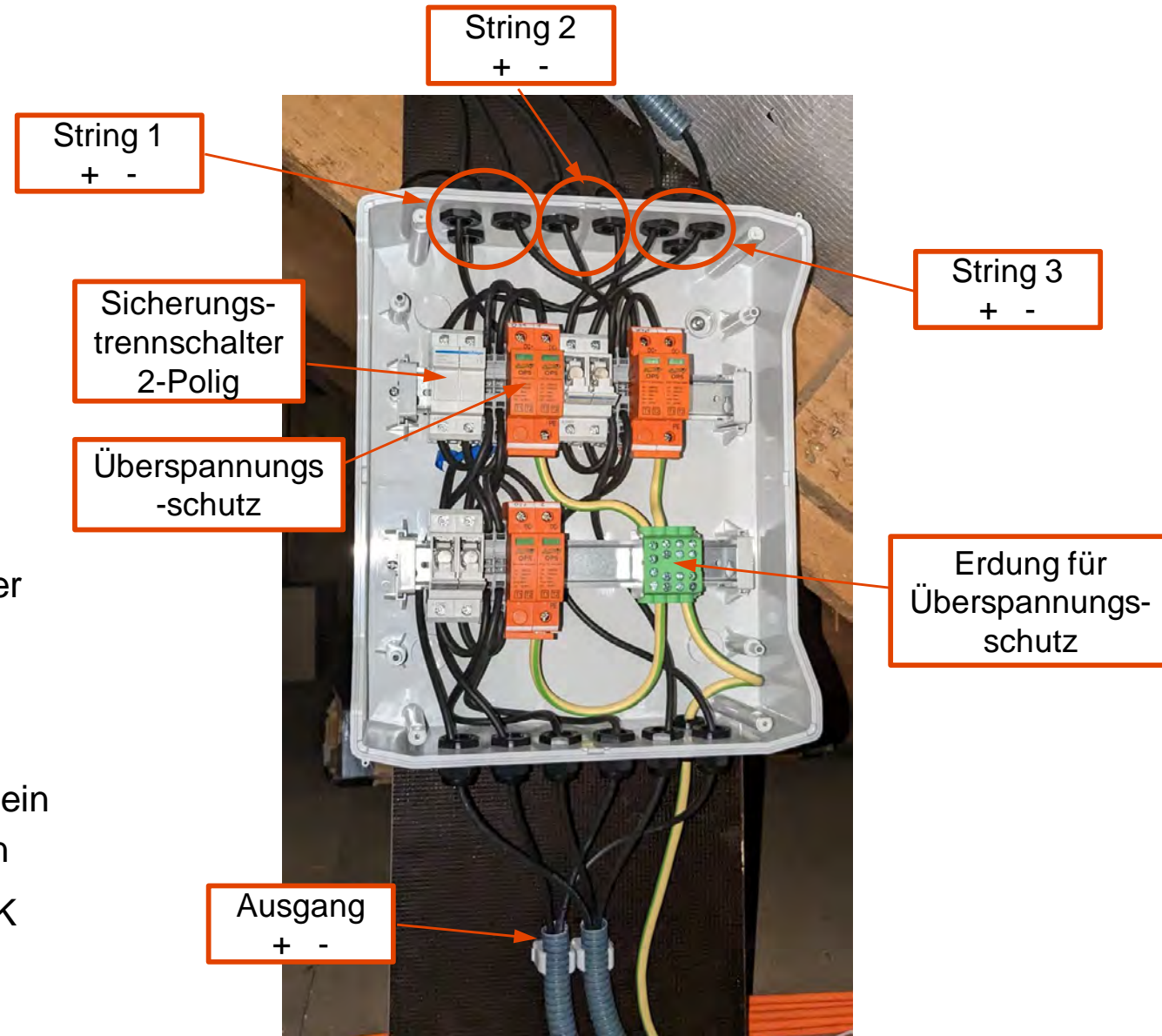
27.10.2023

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

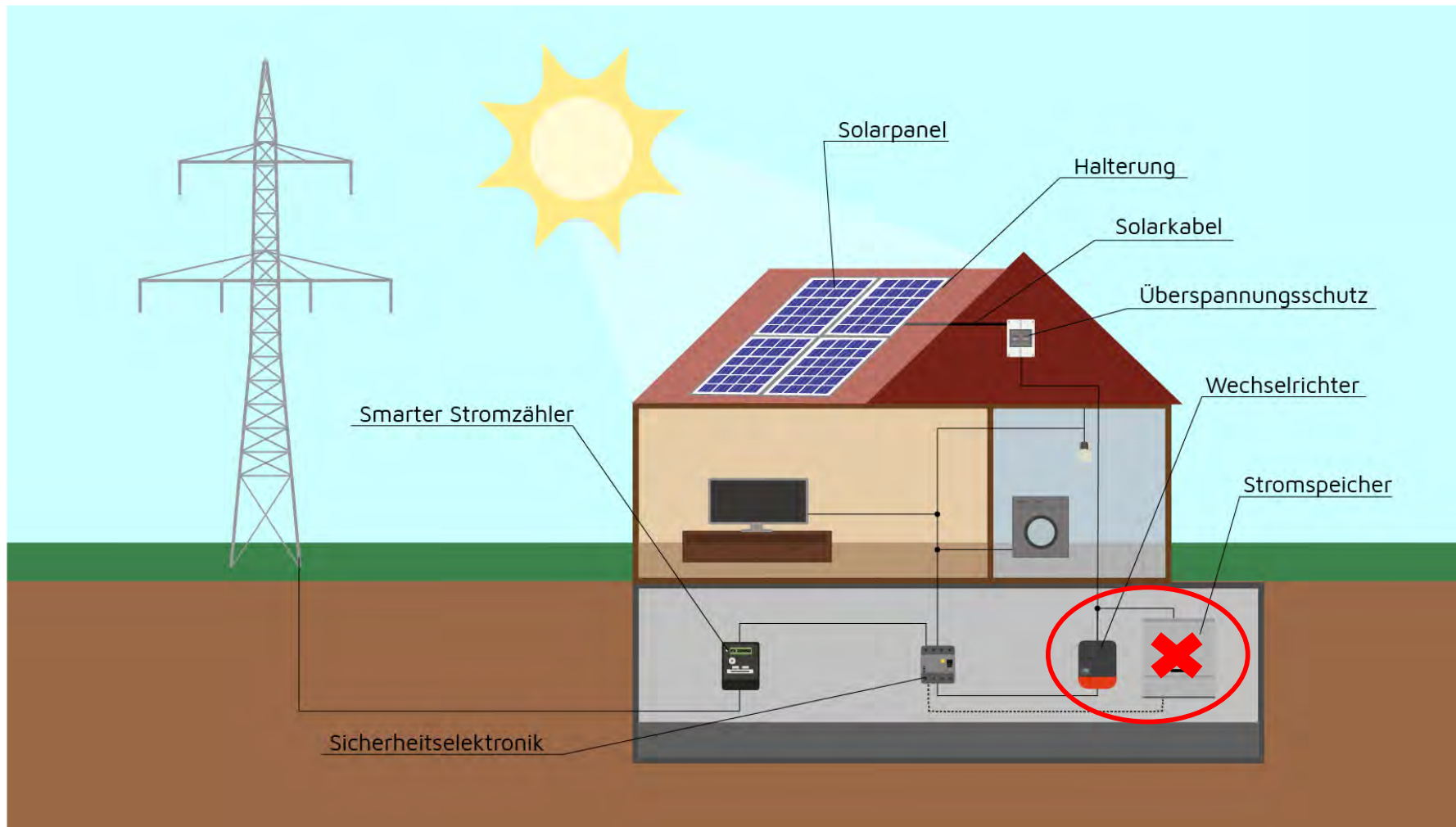
CIRE – Cologne Institute for Renewable Energy

Seite 17

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



Wechselrichter



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

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)

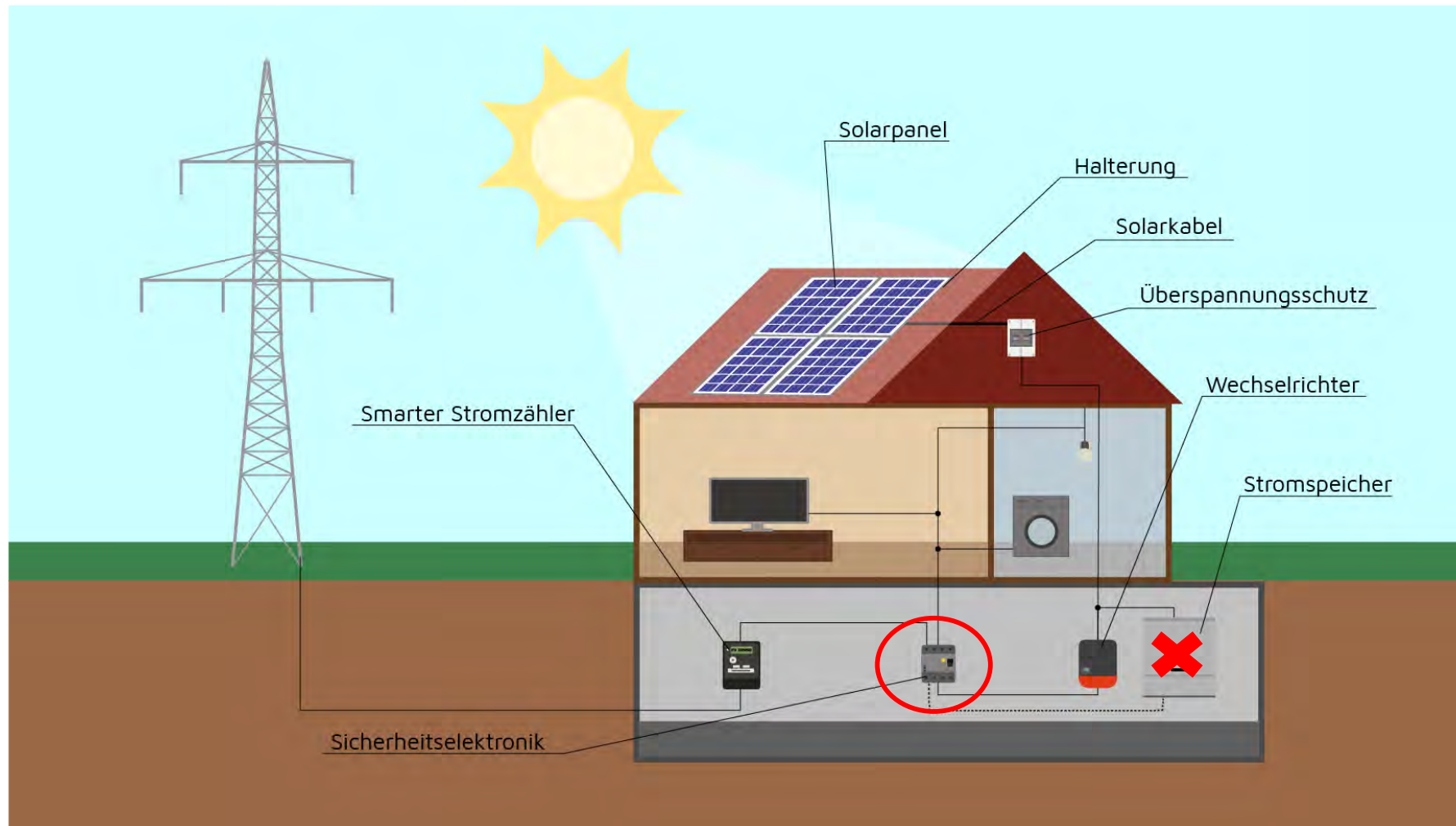
Maximale Eingangsspannung des Wechselrichters darf niemals überschritten werden.

- 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

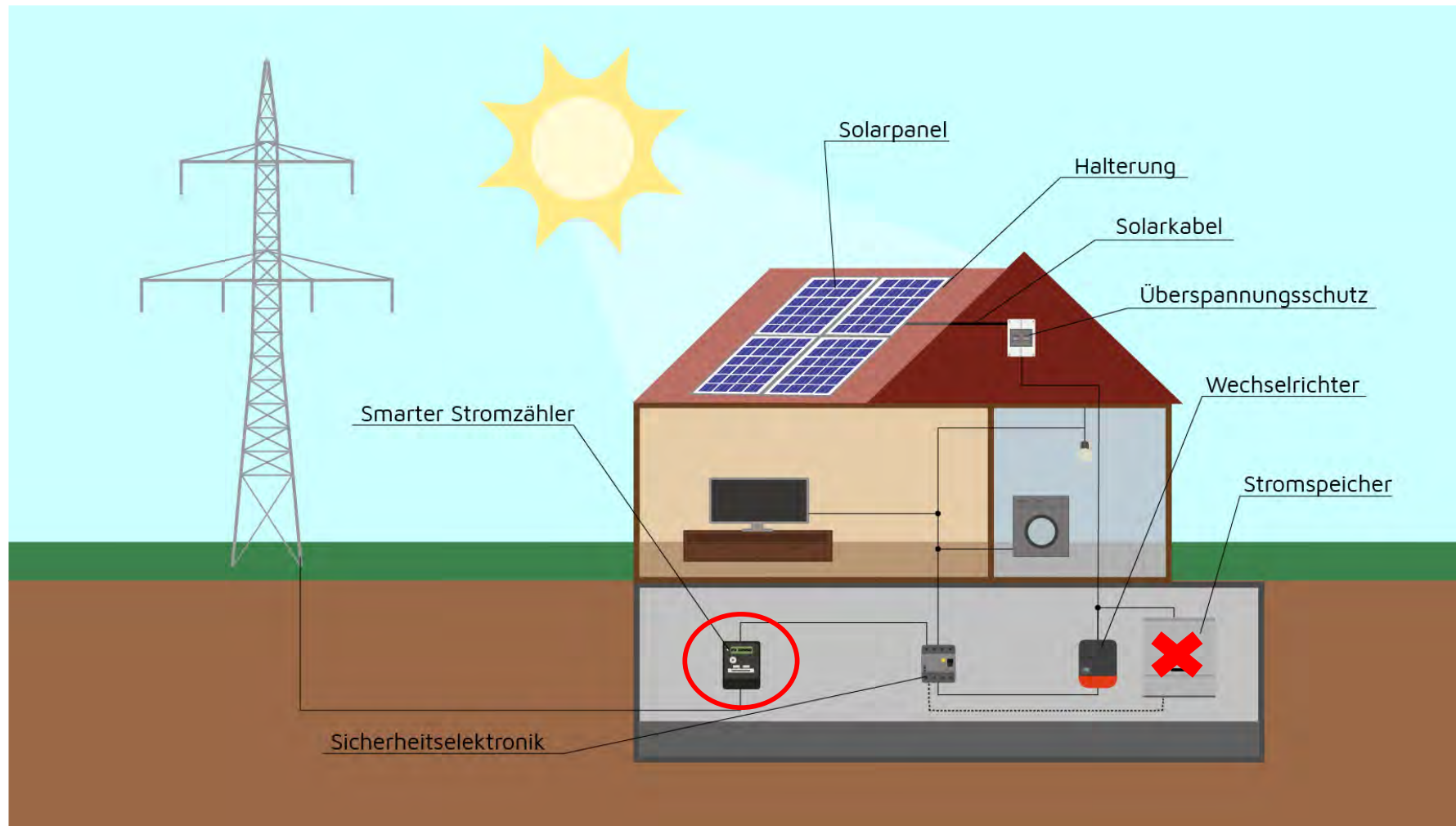


https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png

Sicherheitselektronik

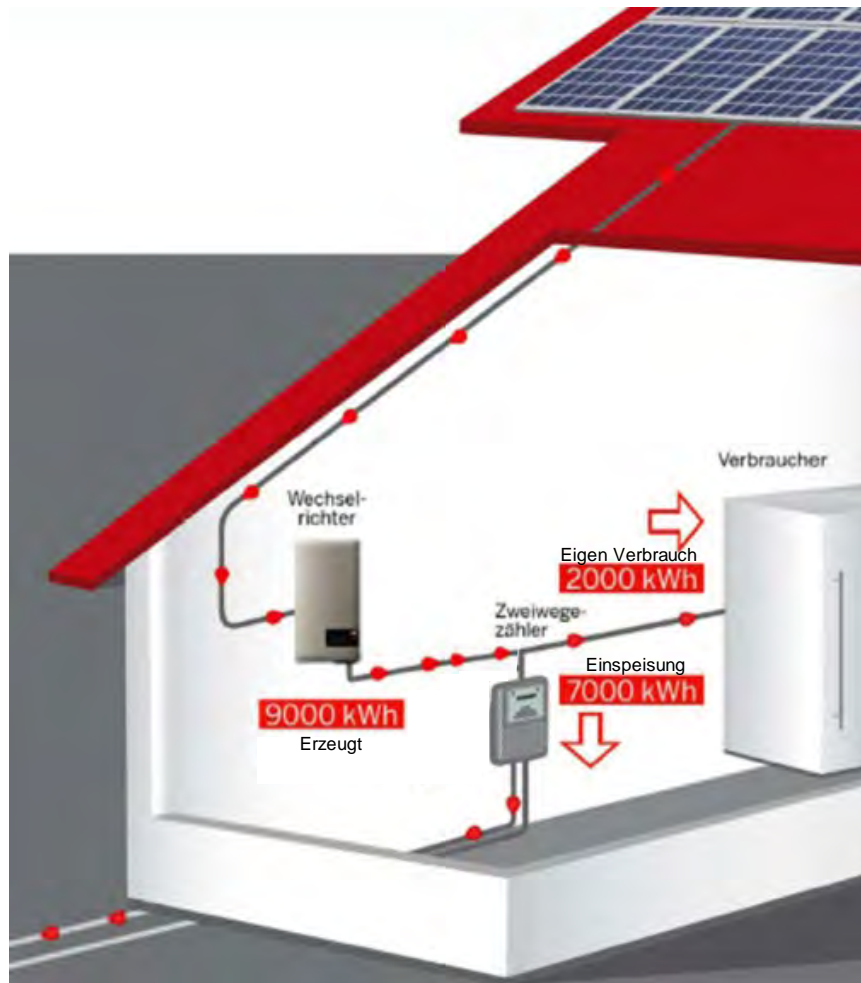


Stromzähler



https://www.suntastic.solar/wp-content/uploads/2020/09/Aufbau_PV_Simpel_TAG.png

Stromzähler



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

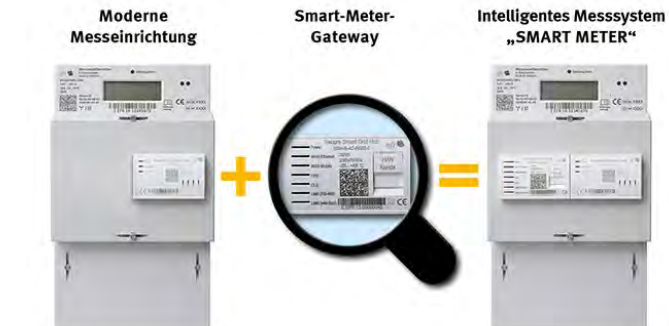
Eine Umrüstung der Stromzähler wird mit einer PV-Anlage notwendig:

- Einspeisezähler - Eingespeiste Energie ins Stromnetz
- Bezugszähler - Bezogene Energie aus dem Stromnetz

Alternativ zum Einspeise- & Bezugszähler

- Zweirichtungszähler - Kombiniert Einspeise- & Bezugszähler

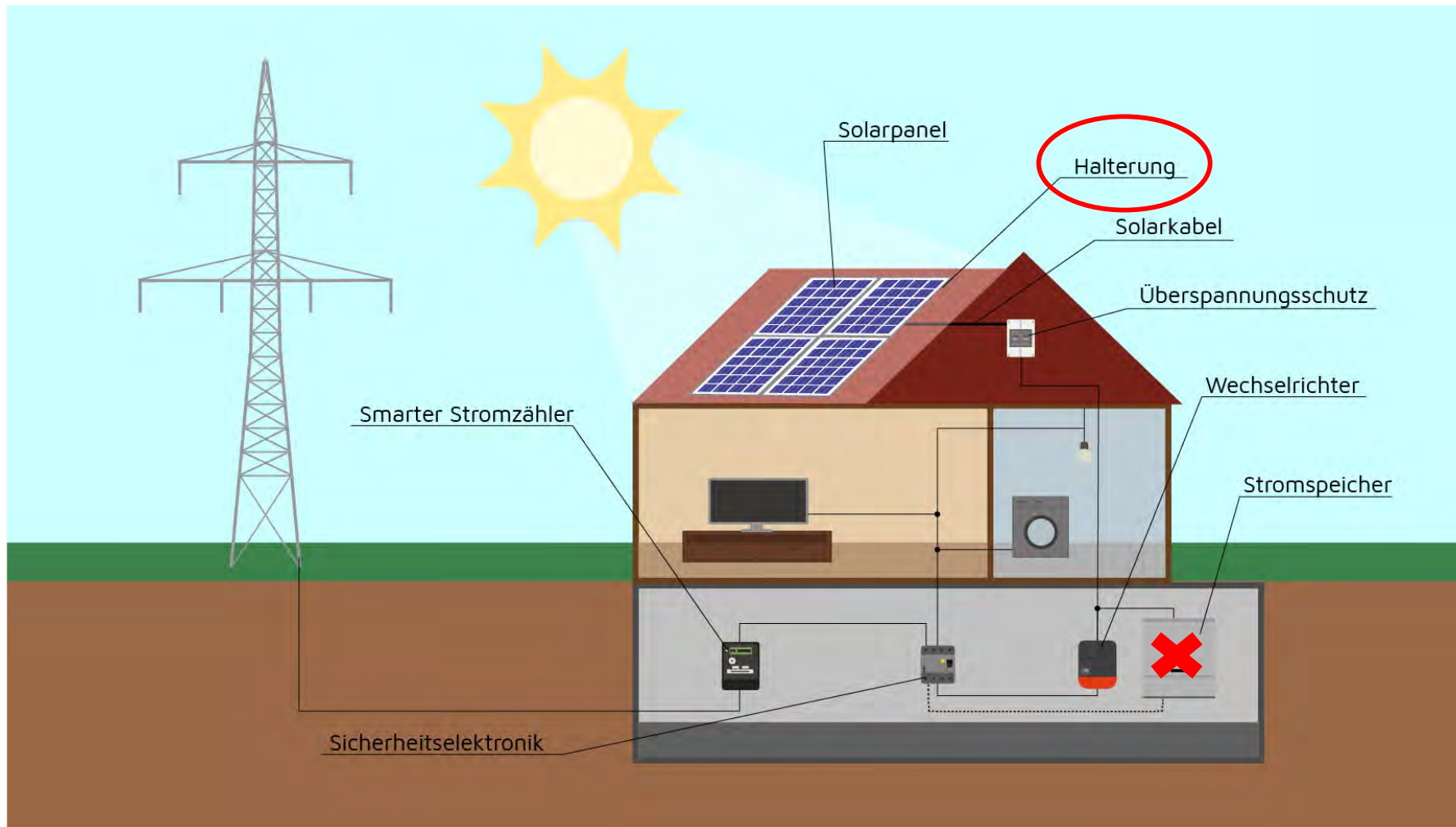
Ab 2032 gilt für alle Stromkunden die Pflicht für einen intelligenten Zähler.



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

→ Der Umbau der Stromzähler erfolgt durch den Netzbetreiber.

Unterkonstruktionen



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!

Warum muss die Dachstatik bei einem Flachdach betrachtet werden?

→ Durch die gezeigten PV-Montage möglichen, wird eine erhöhte Last auf das Dach gebracht. Viele vergessen oder wissen nicht genau wie viel Last im Alltag durch bspw. Schnee oder Dacharbeiten zusätzlich auf das Dach wirken können. Daher ist die Betrachtung der Statik essentiell.



https://aluboerse.de/shop/solarpanel-aufstaenderung/?srsltid=AfAwrE7_0o9EhA-l52ikX4Xvek8XVY9LOTZOmQzKGNDUcTeibpSCUkHXboo



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



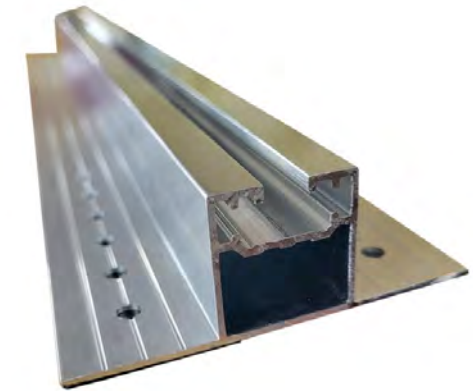
https://shop-lieckipedia.de/Freistehendes-beschwerbares-Solar-Montagesystem-fuer-Flachdach-Modullaenge-1550-2400-mm_1?srsltid=AfAwrE783AA1lvbp2BNyhDznkc_p8xkoiCFVzHDzKhYogH9nuxVp7UtbYgM

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

Erzeugungprofile

	Für 1 PV-Modul	Für 12 PV-Module
Maße	1,7m x 1,1m	6,8m x 3,3m
Flächenbedarf	1,87m ²	22,5m ²
Spitzenleistung	0,415 kW _{peak}	5 kW _{peak}
Neigungswinkel	5°	

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

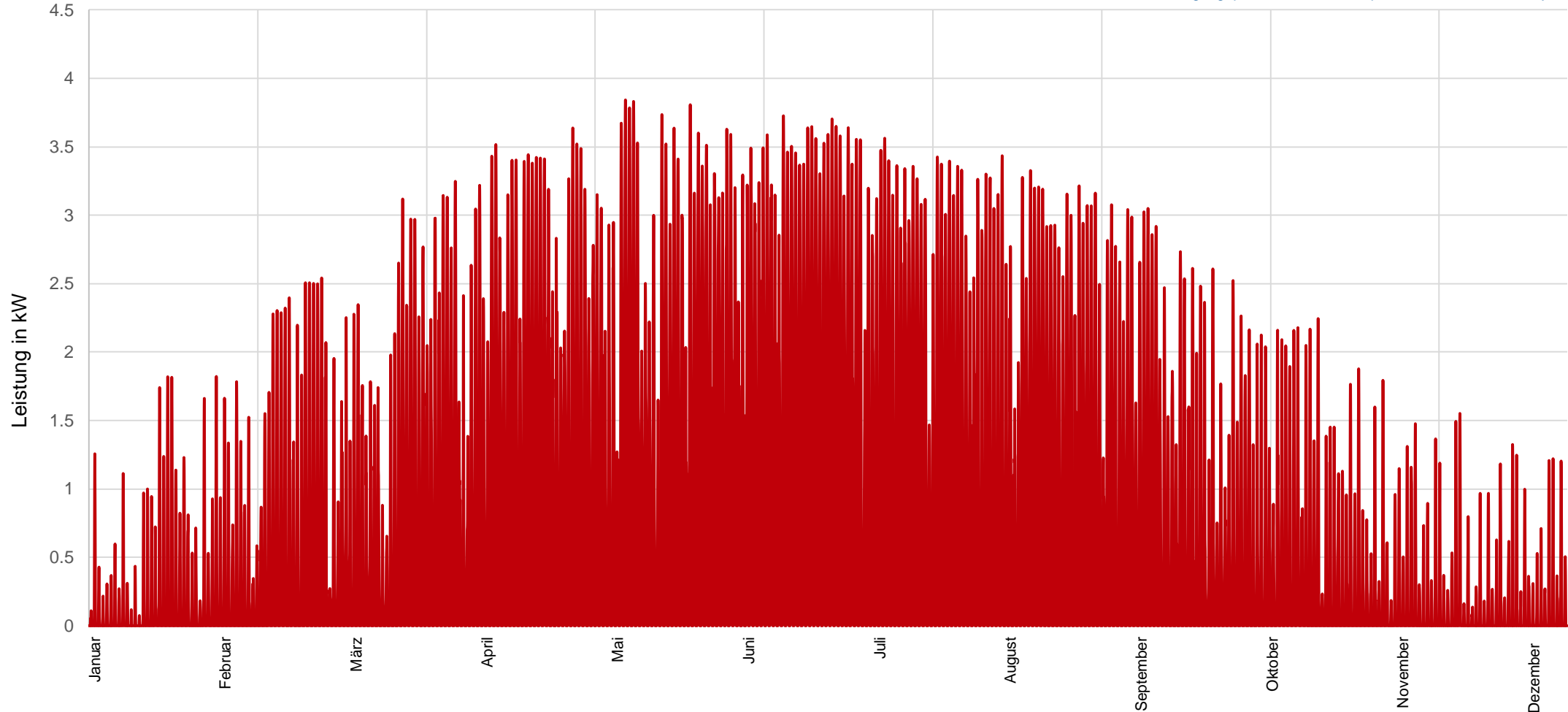
Wie viel Energie wird pro Jahr produziert, wenn 12 Module auf dem Dach der TH-Köln installiert werden?

→ 5717 kWh

Erzeugungprofil über 1 Jahr

Erzeugungprofil von 12 PV-Modulen auf der TH-Köln

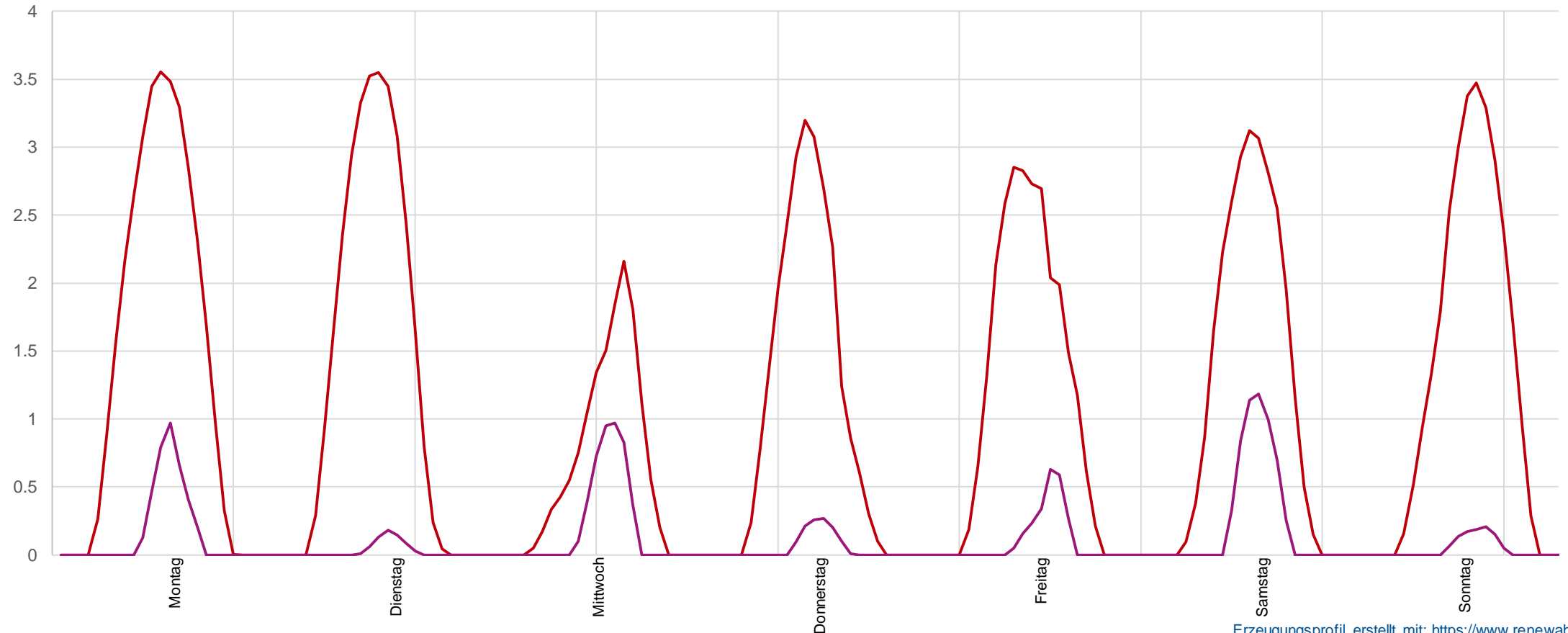
[Erzeugungprofil erstellt mit: https://www.renewables.ninja/](https://www.renewables.ninja/)



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

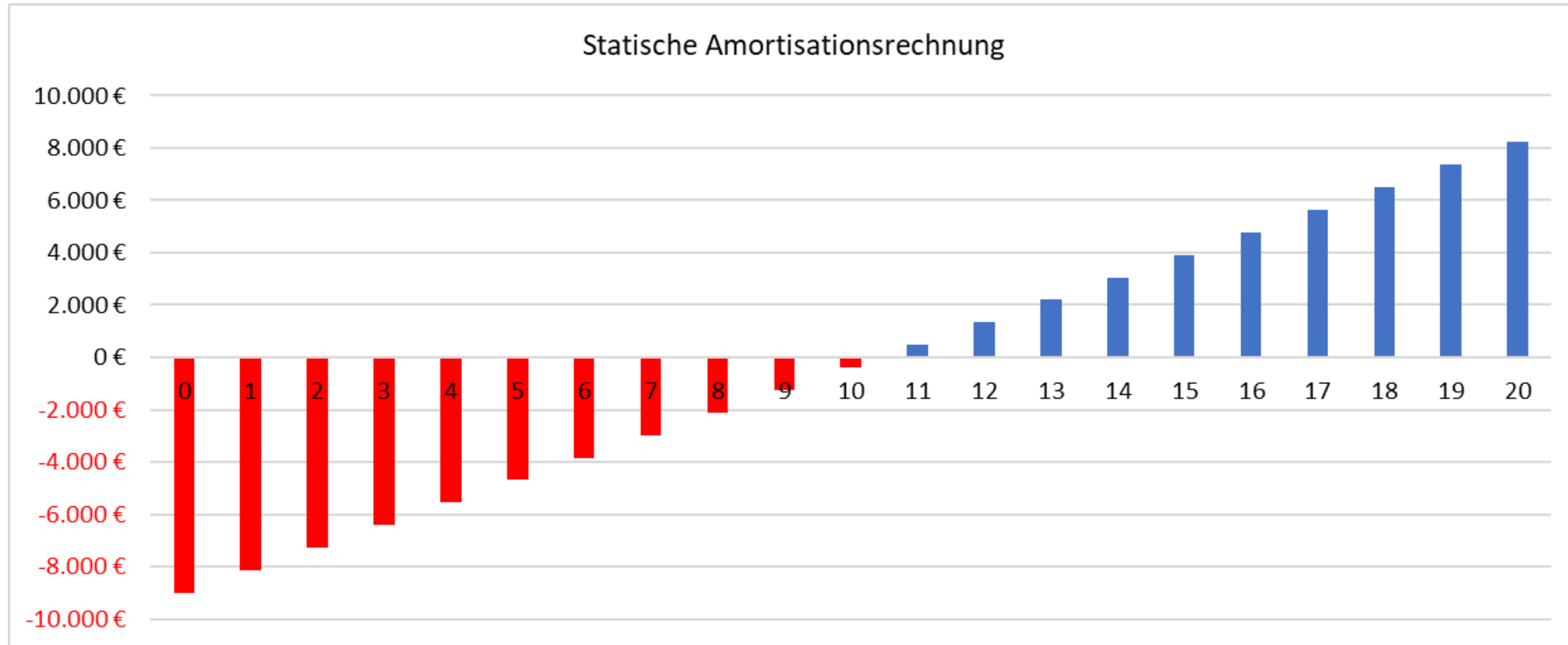
Berechnung der Amortisationszeit

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€

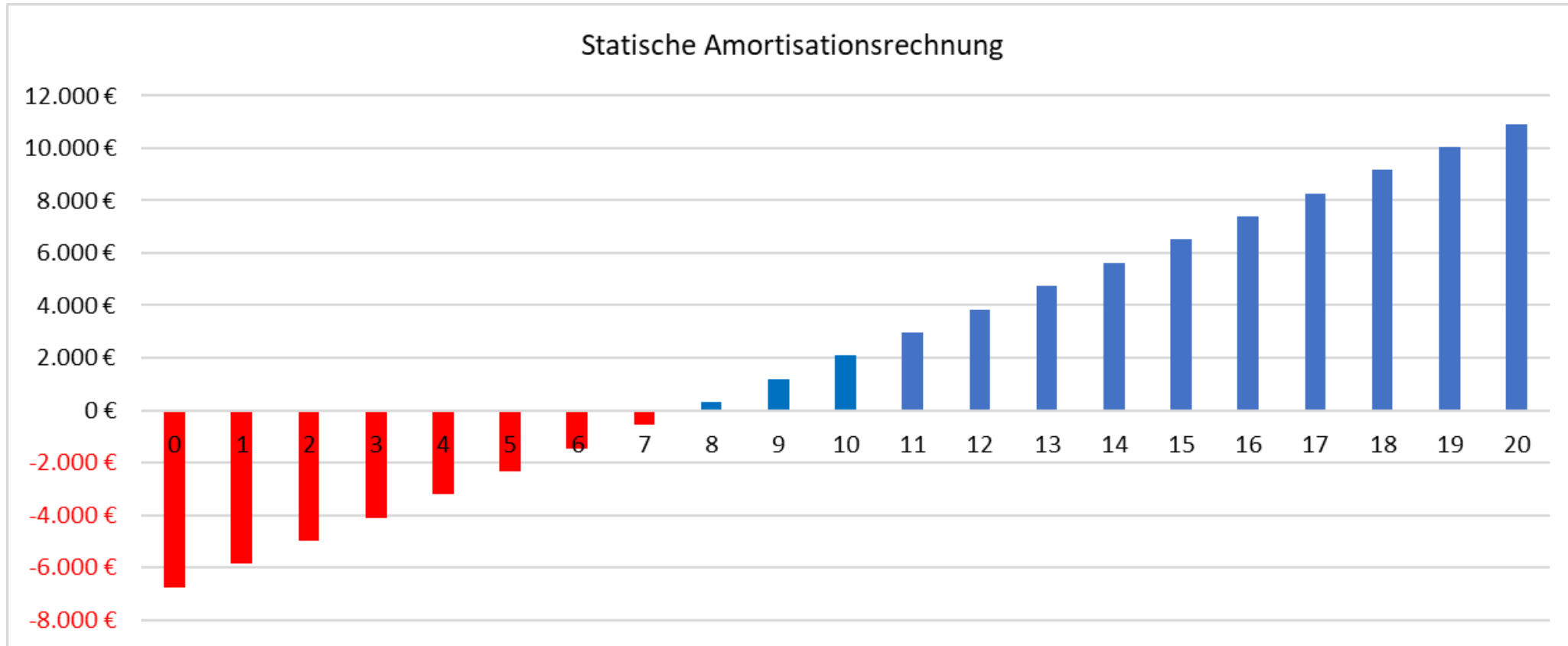
→ Jährliche Ersparnis durch Eigenverbrauch: 630€

→ 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, Inbetriebnahmetermin, 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

27.10.2023

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

CIRE – Cologne Institute for Renewable Energy

Seite 44

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

Technology
Arts Sciences
TH Köln