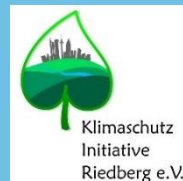


**Kooperationsprojekt**



**Gefördert durch**

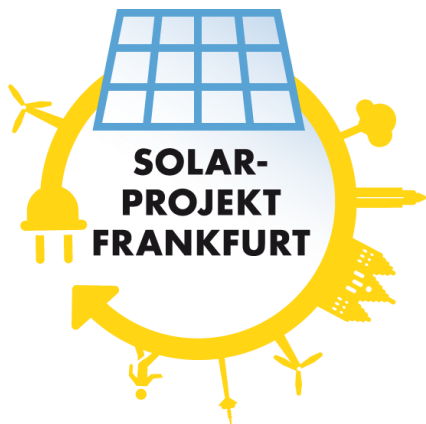


# Übersicht

- Warum Photovoltaik?
- Basiswissen PV-Anlage
- Dacheignung
- Stromerzeugung
- Speicher und Notstrom
- Wirtschaftliche Betrachtung
- Steuerliche Behandlung
- Nützliche Tipps
- Anhang



# Warum Photovoltaik?

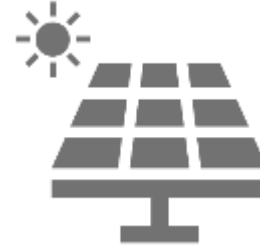




Klimaschutz!



Unabhängigkeit von  
Energieimporten



Energiewende „selbst“ in  
die Hand nehmen



Leise und dezentrale  
Energieerzeugung



Die Sonne schickt keine  
Preiserhöhungen

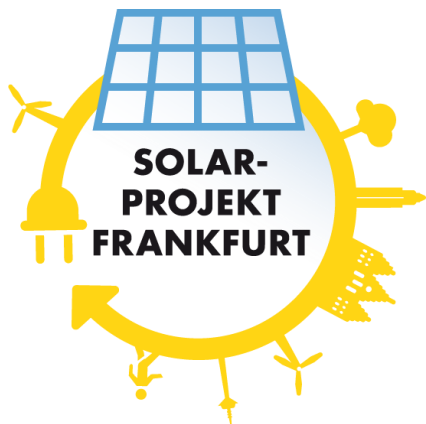


Weniger Hitze im  
Dachgeschoss

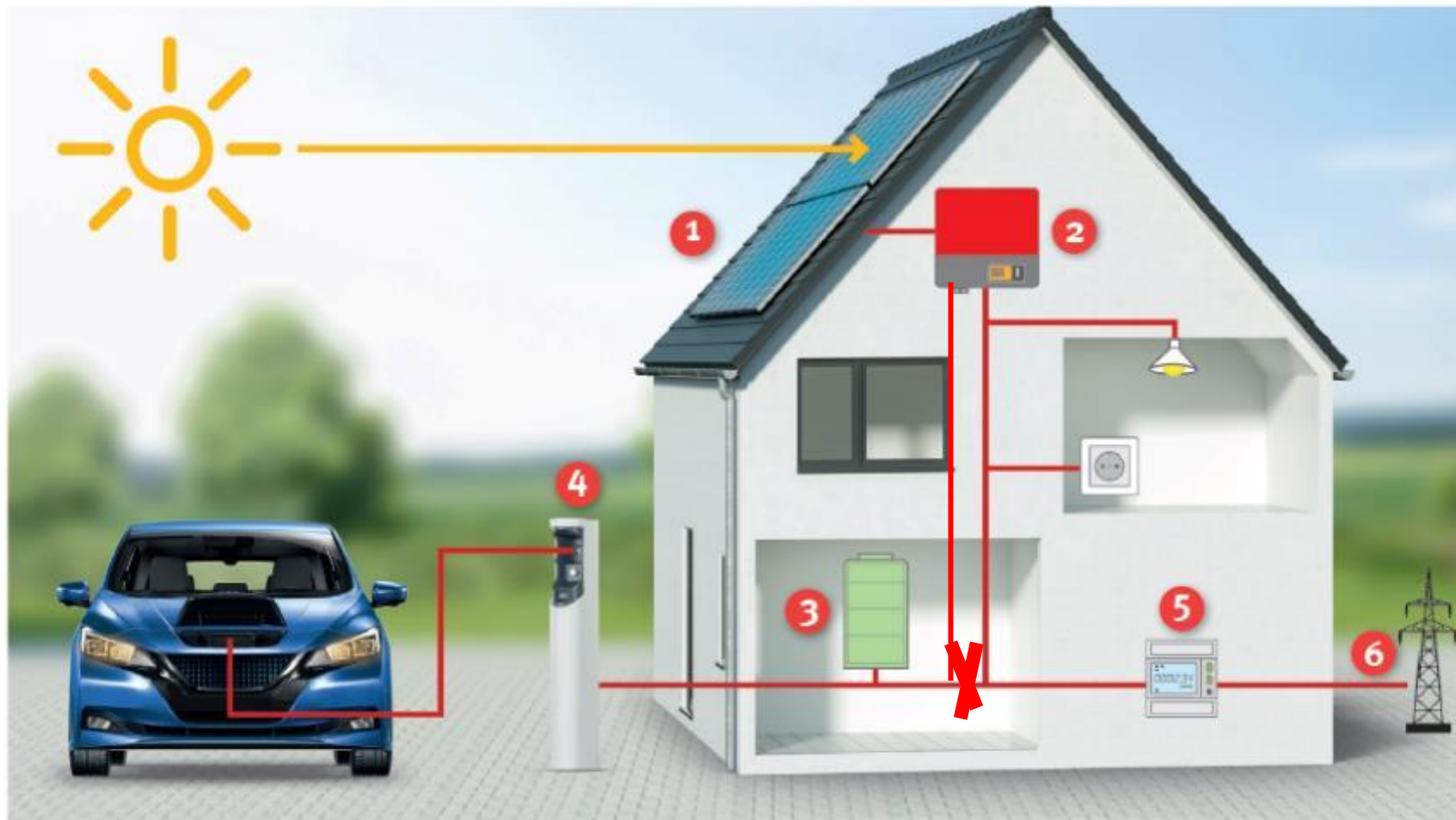


Bewährtes, langlebiges und  
robustes Produkt

# Basiswissen PV-Anlage



# Komponenten einer PV-Anlage - vereinfacht



Quelle: Verbraucherzentrale NRW

- 1 Solargenerator/-panels
- 2 Wechselrichter (am besten im Keller)
- 3 Batteriespeicher (optional)
- 4 Ladestation für das E-Auto (optional)
- 5 Stromzähler für Bezug u. Einspeisung
- 6 Anschluss an das öffentliche Netz

# Solarmodule



*Ein Solarmodul ist eine Anordnung mehrerer Solarzellen zu einer Einheit*

- Typische Größe: 1,5-2 m<sup>2</sup> (1100mm x 1700mm)
- Benötigte Fläche:   Schrägdach ca. 5m<sup>2</sup> und  
                              Flachdach ca. 8-10 m<sup>2</sup> je kWp
- Typische Leistung:   oft zwischen 400 - 460 Watt
- Rückseite aus
  - Glas: längere Lebensdauer
  - Folie: billiger
- Energie-Rücklauf-Zeit eines Moduls:
  - Heutzutage 1-2 Jahre



Foto: Ulrich Böke

Hier: Halbzellen-Modul

- besserer Wirkungsgrad
- bei Teil-Verschattung geringere Auswirkung auf den Ertrag

# Wechselrichter

Dreiphasiger Wechselrichter  
Leistungen ab 3 kW



speist in alle 3 Phasen des Netzes ein



Einphasiger Wechselrichter  
Leistungen bis 3 kW



speist in nur eine Phase des Netzes ein



*Für Einbau oder Nachrüstung von Speicher direkt in Hybride Wechselrichter investieren, die auch eine Batterie versorgen können*



# Messung

- Der Netzbetreiber ist für Einbau, Betrieb und Wartung (Eichung) des Zählers zuständig
- Für diese Dienstleistung werden Zählergebühren fällig (Preisobergrenzregeln)
- Einbau in Zählerschrank

## Moderne Messeinrichtung

- Einfacher digitaler Zähler ohne Fernsteuerung
- Für Anlagen bis 7 kW
- Messkosten: 20 € brutto / Jahr



## Intelligentes Messsystem

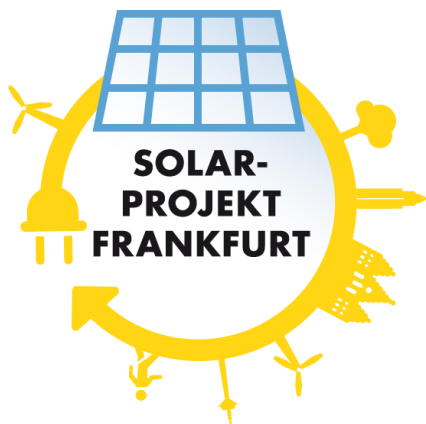
- digitales Messsystem mit Fernauslese und Fernsteuerung (Smart Meter)
- Sofern verfügbar: Für Anlagen über 7 kW
- Messkosten: 20 € (bis 15 kW), 50€ (bis 25 kW), 120€ (bis 100kW) brutto / Jahr



*Die gesetzlichen Regelungen findet man im Messstellenbetriebsgesetz. Dieses wurde kürzlich überarbeitet.*

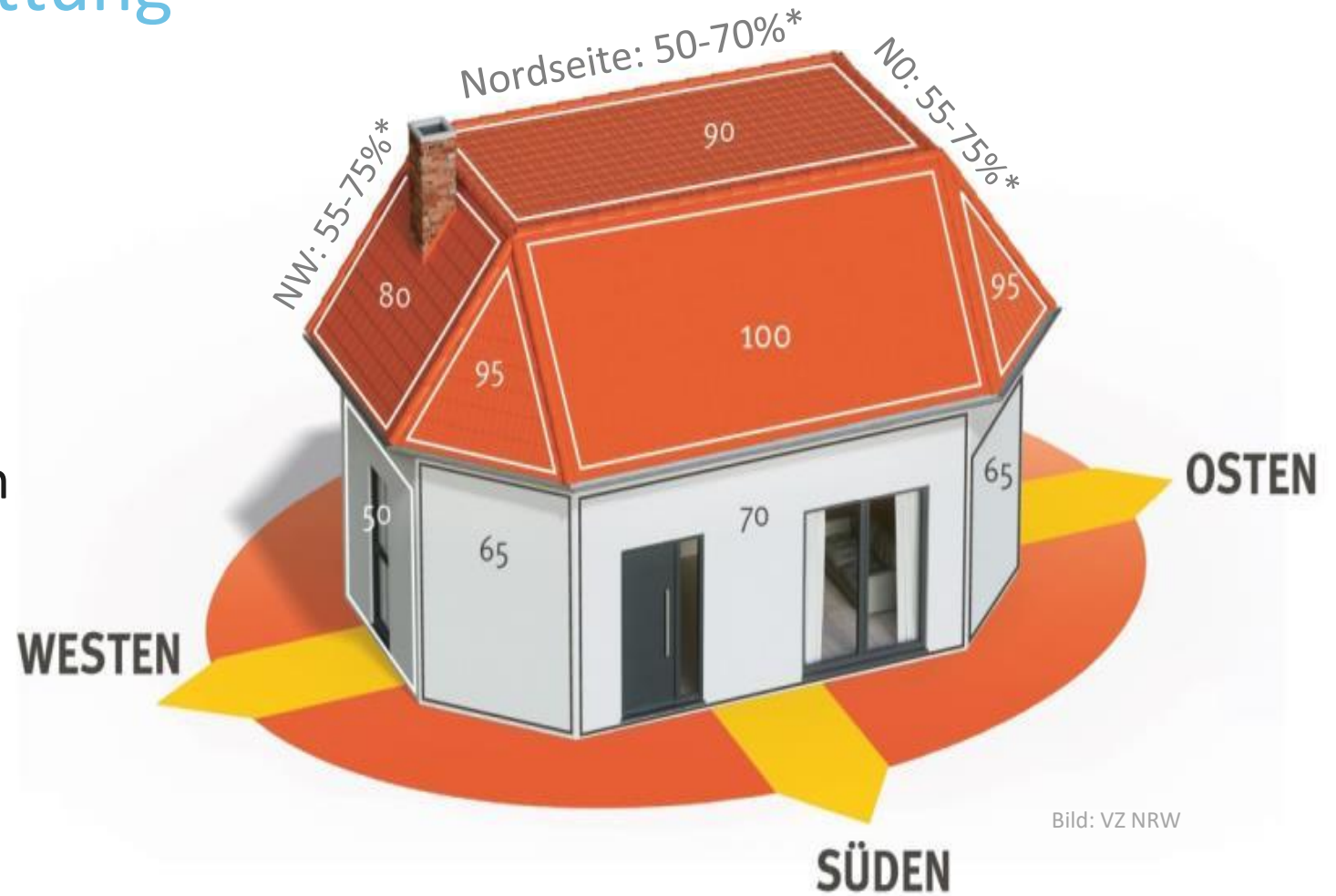
# Dacheignung

Welche Dächer sind zur Solarstromerzeugung geeignet?



# Ausrichtung und Verschattung

- Südwest bis Südost optimal
- Flachdächer sehr gut
- Ost und West gut
- Norddächer möglichst flach
- Verschattung vermeiden: auch teilverschattete Module reduzieren die Leistung erheblich!
- Moduloptimierer können hier helfen – kosten aber extra



\*Erträge sind abhängig von der Dachneigung.  
Weitere Informationen im Anhang

# Solarkataster

- Viele Kommunen stellen das Solarkataster zur Verfügung, meistens im Internet zu finden.
- Hilfreich für eine erste, grobe Einschätzung
- **Aber:** Ersetzt keine genaue Betrachtung! Auch als weniger gut markierte Dächer können ertragsreich und lohnenswert sein.
- **Dachabstände zu Nachbarhäusern beachten:** Vorschriften je nach Bundesland (LBO)



*Z. B. In Hessen:*

*<https://www.energieland.hessen.de/solar-kataster>*



Bild: Solarkataster Hessen

# Flachdächer

## Ost-West Ausrichtung:



- + optimale Platznutzung
- + höherer Eigenverbrauch möglich, da höhere Erzeugung in den Morgen- und Abendstunden
- etwas geringerer Ertrag je Modul im Jahr

## Süd Ausrichtung:



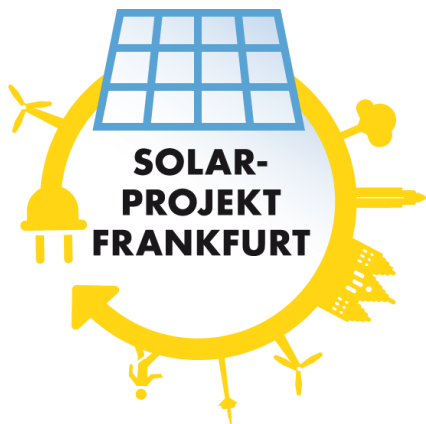
- + höherer Ertrag je Modul im Jahr
- weniger Module je Fläche, da Abstand notwendig um Verschattung zu vermeiden

Fotos: Ulrich Böke

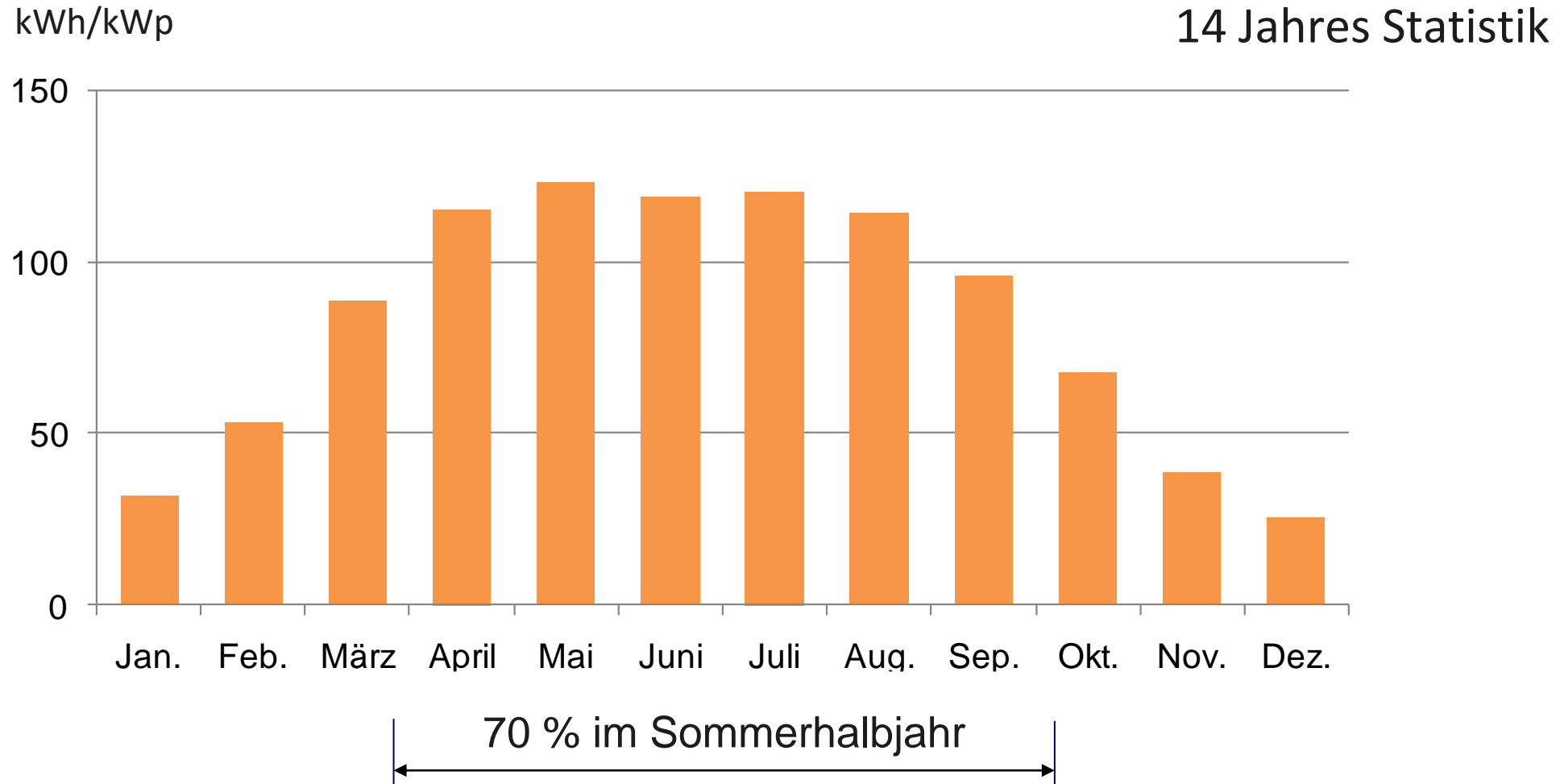


*Montage auf Flachdächern ist durch Beschwerung der Systeme ohne Beschädigung der Dachhaut möglich*

# Stromerzeugung











# Monatliche Stromerzeugung einer 7,8 kWp Referenzanlage



# Ertragsdatenbank des SFV nutzen

- Unter [www.ertragsdatenbank.de](http://www.ertragsdatenbank.de) erreichbar
- Frei Verfügbare Datenbank zum Monitoren der eigenen Anlage
- Vergleich mit anderen Anlagen im eigenen PLZ-Gebiet

**bundesweit • monatlich • spendenfinanziert**

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|           |            |            |              |
| <u>Anmelden &amp; Registrieren</u>   | <u>PV-Erträge auslesen</u>  | <u>Fragen &amp; Antworten</u>   | <u>Über uns</u>   |
| Registrierte PV-Anlagen  | Gesamt-Nennleistung (kWpeak)  | Gesamt-Ertrag (MWh)   | Eingegebene Monatserträge   |
|  17.983 |  211.350 |  926.344 |  1.123.545 |



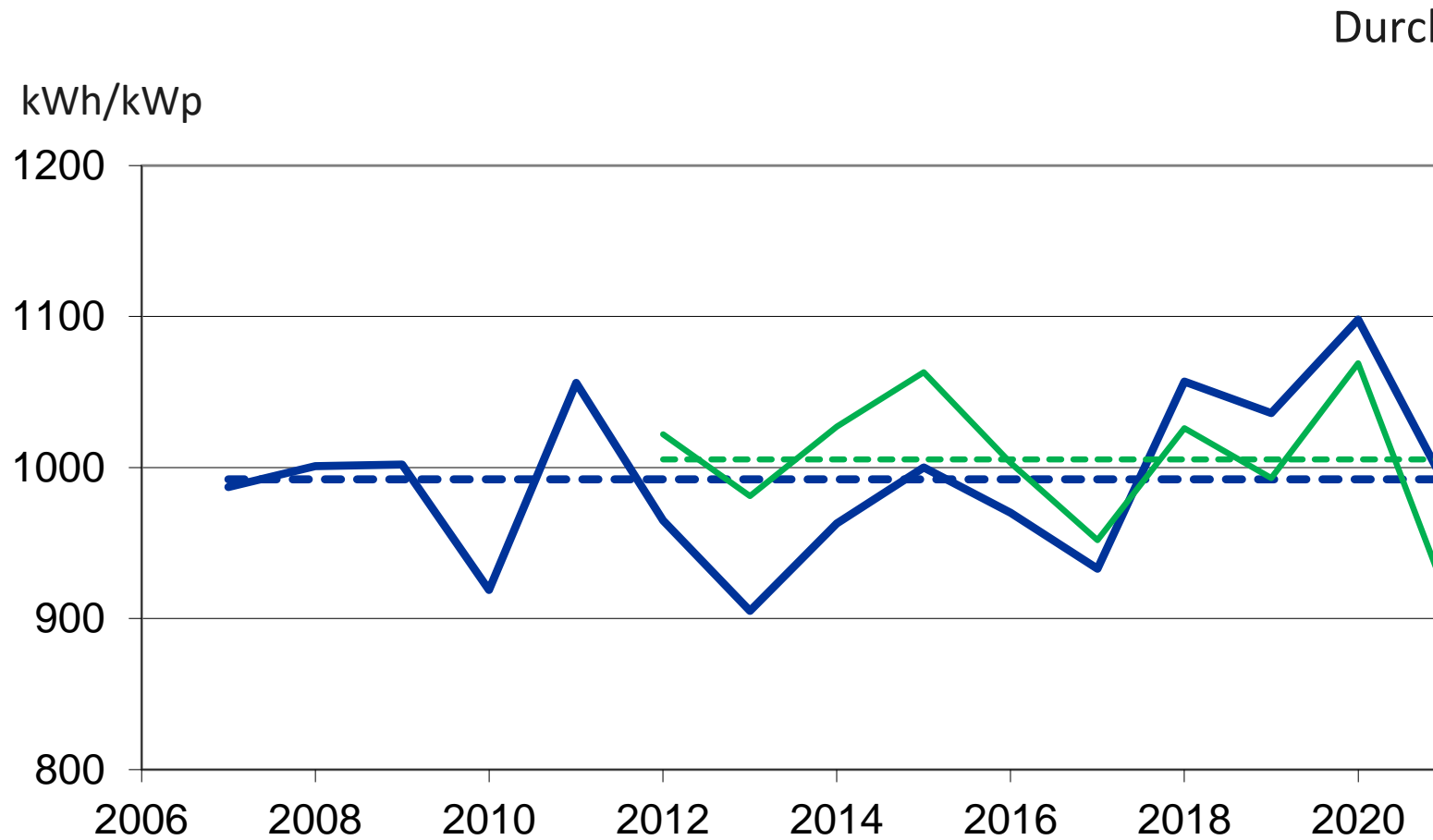
# Richtige Auslegung der PV-Anlage

- möglichst groß, Dachfläche ausnutzen
- EE-Anforderungen bei Neubau und Heizungstausch beachten
- dadurch geringere Kosten pro kWp
- auch "schlechtere" Dachseite prüfen, Kosten steigen z.B. nur um 60%, Ertrag aber um 70%
- Wartungskosten fallen weniger ins Gewicht



*Schon bei der Planung der Anlage sollten zukünftige Mehrverbräuche (z.B. E-Auto und Wärmepumpe) mitgedacht werden.*

# Ertragsbeispiele verschiedener Jahre in Langerwehe



Durchschnittlicher Stromertrag

1005 kWh/kWp

992 kWh/kWp

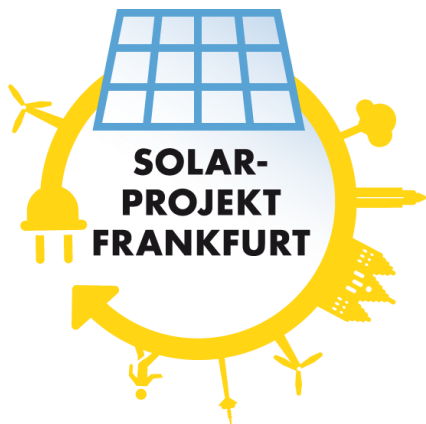


7,8 kWp



56 kWp

# Speicher und Notstrom



## Typische Investitionskosten - Speicher

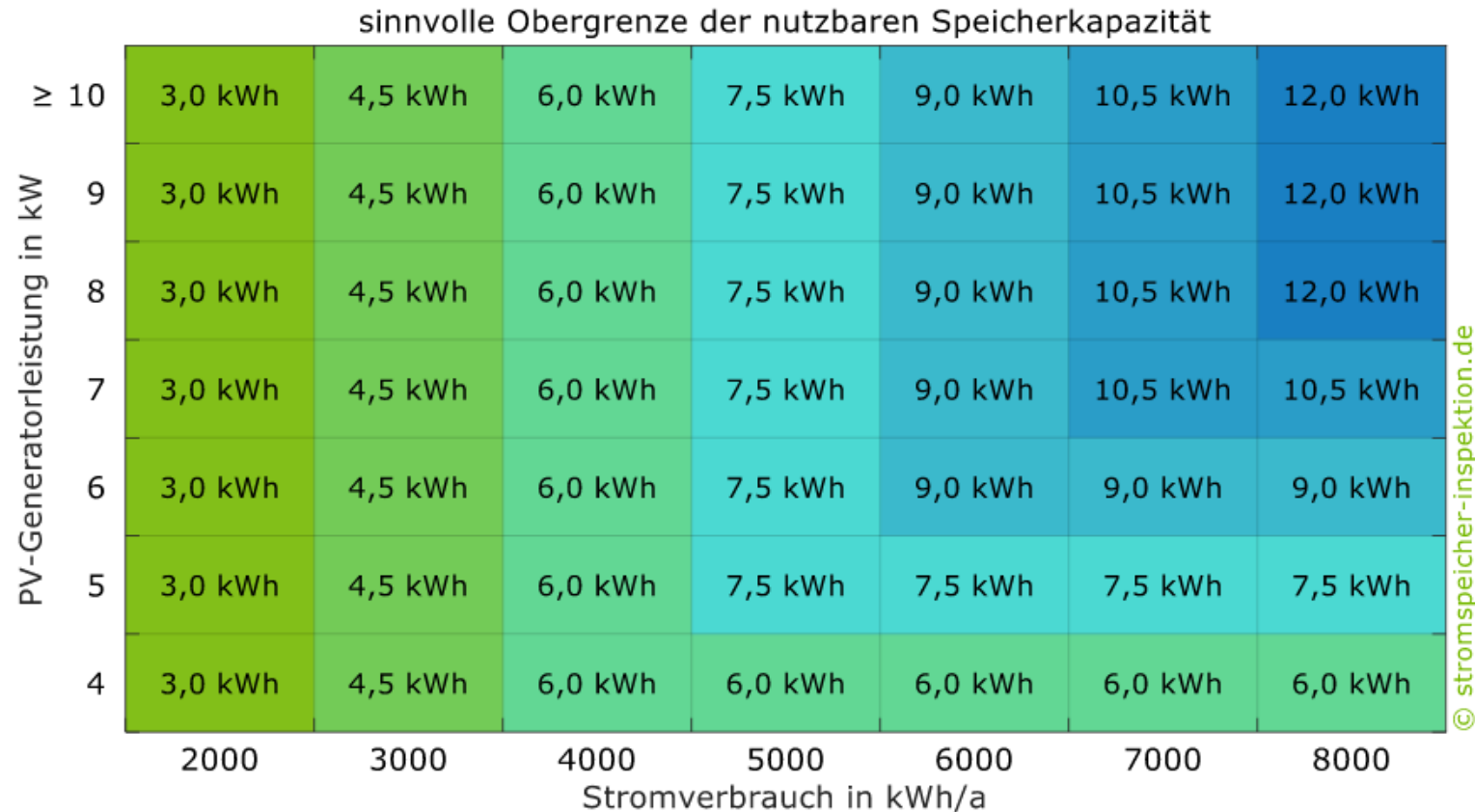
| Installierte Kapazität | Investitionskosten |
|------------------------|--------------------|
| 5 kWh                  | 3.000 bis 6.000 €  |
| 10 kWh                 | 6.000 bis 12.000 € |

- Lithiumbatterien sind Standard
- Die realistische Lebensdauer ist noch unklar, etwa 10 bis 15 Jahre
- Erhöht die Eigenverbrauchsquote, aber nicht zwingend die Wirtschaftlichkeit.
- Ohne Speicher: Eigenverbrauch 20 – 30 %. Mit Speicher: Eigenverbrauch >50% möglich



*Die Nachrüstung eines Speichers ist möglich:  
ggf. direkt einen Hybrid-Wechselrichter installieren!*

# Dimensionierung des Speichers



*Viele hilfreiche  
Tipps gibt es in  
der  
Stromspeicher-  
Inspektion der  
HTW Berlin*

**Bild 34** Empfohlene Obergrenze der nutzbaren Speicherkapazität in Einfamilienhäusern, die von der Größe der PV-Anlage und von der Höhe des jährlichen Stromverbrauchs abhängt.

Quelle: HTW-Berlin, Studie: Stromspeicher-Inspektion

# Batteriespeicher - Einspeisemanagement

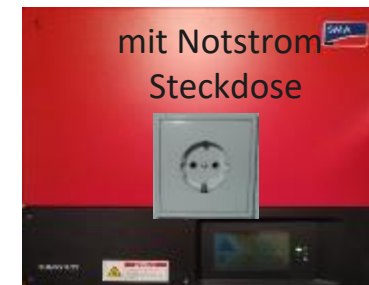
- Das Einspeisemanagement legt fest, mit welcher Priorität Solarstrom in einer Batterie gespeichert oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird.
- Hybrid-Wechselrichter mit Batterieanschluss haben diese Funktion integriert.  
Sie kann aber auch durch ein separates Gerät realisiert werden.
- Die Priorität sollte sein:
  - Solarstrom im Haushalt oder Elektroauto verbrauchen.
  - Solarstrom in einer Batterie speichern, um ihn später verbrauchen zu können.
  - Solarstrom in das öffentliche Stromnetz einspeisen.



## Sonderfall: Notstromversorgung

- Wechselrichter und Batterien brauchen für den Betrieb den Anschluss an das öffentliche Netz.
- Für Notstromversorgung (bei Netzausfall) sind spezielle Geräte oder Zusatzkomponenten erforderlich.  
Stichwort: Inselfähigkeit
- Versorgung einer Notstromsteckdose am Wechselrichter, oder Versorgung komplettes Haus oder ausgewählter Stromkreise möglich.  
Wichtig: Leistung der aktiven Verbraucher darf Leistung des Wechselrichters nicht überschreiten.

Hybrid-Wechselrichter



Öffentliches Netz

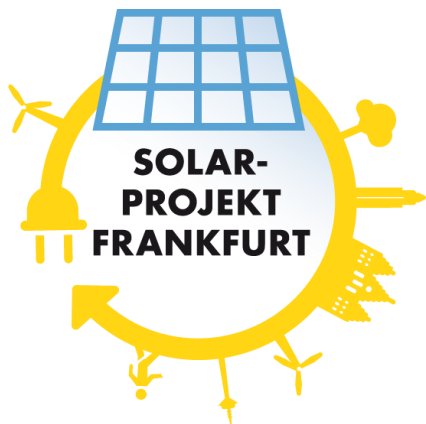


## Sonderfall: Not & Ersatzstrom

- Um die Anlage bei Netzausfall weiter betreiben zu können, muss der Wechselrichter schwarzstartfähig sein. Ist eine solche Installation vorgesehen?
- **Notstromfähiger Wechselrichter**
  - Separate Steckdose
  - Einzelner Stromkreis
  - Geringerer Installationsaufwand
  - Nur ausgewählte Geräte werden betrieben
  - Kosten 300-500€
- **Ersatzstromfähiger Wechselrichter**
  - Vollständige Versorgung über drei Phasen
  - Umschaltvorrichtung notwendig
  - Höherer Installationsaufwand
  - Kosten: 1500-3000€



# Wirtschaftliche Betrachtung



# Typische Investitionskosten

- Skalierungseffekt: je größer die Anlage, desto preiswerter je kW

| Installierte Leistung | Investitionskosten  |
|-----------------------|---------------------|
| 3 kWp                 | 6.000 bis 10.000 €  |
| 5 kWp                 | 8.000 bis 15.000 €  |
| 10 kWp                | 15.000 bis 20.000 € |

- von 5 kW auf 10 kW nur etwa 60% teurer



*Die Nordseite direkt mit errichten zu lassen kann wirtschaftlich sinnvoll sein, da die Nordseite ca. 70% Ertrag einer Südseiten-Anlage hat.*



# Einspeisevergütung: Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)

- Anspruch auf Einspeisevergütung:  
20 Jahre + Rest Inbetriebnahmejahr
- Vergütung für ins Netz eingespeisten Solarstrom
- Die Einspeisevergütung hängt von Größe der Anlage ab



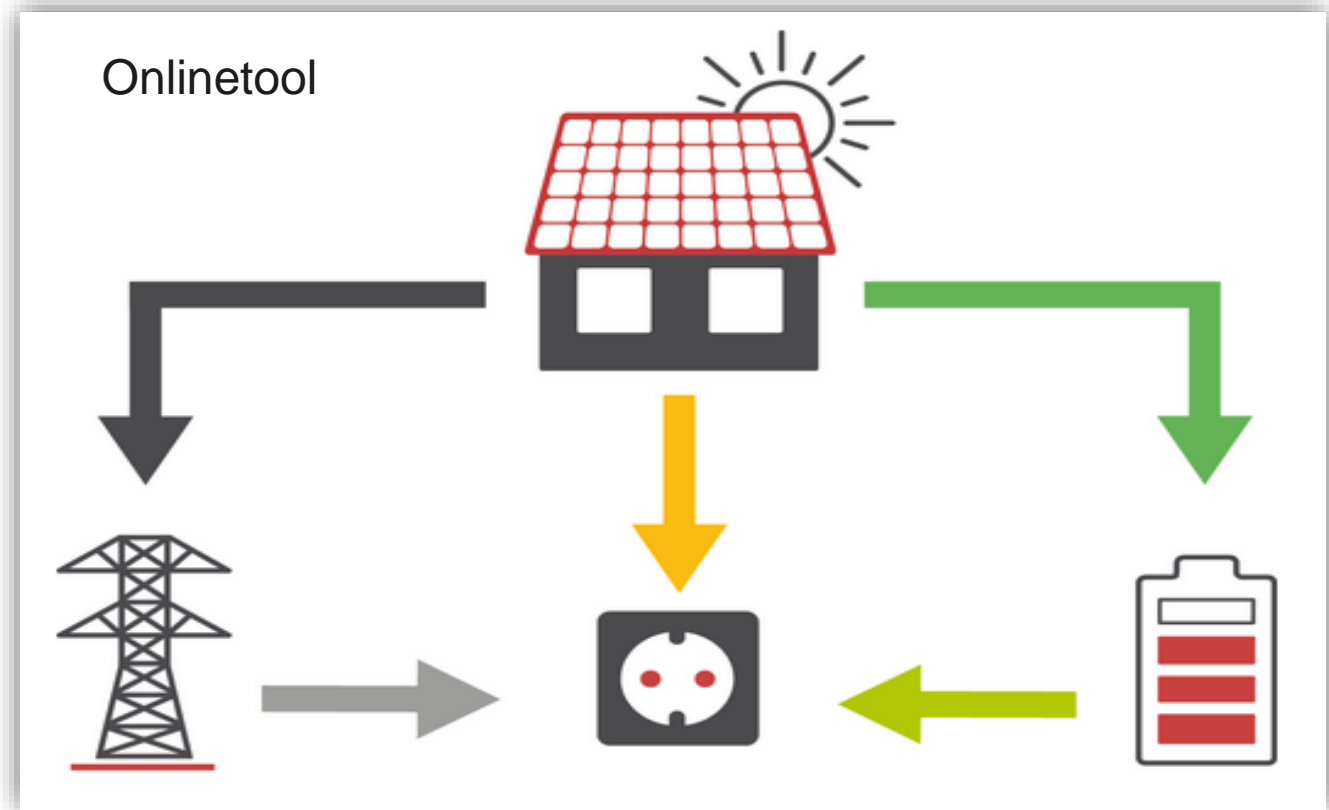
| Aktuelle Einspeisevergütungssätze für Photovoltaik-Dachanlagen |                       |                 |
|--|-----------------------|-----------------|
| Installierte Leistung  | Überschusseinspeisung | Volleinspeisung |
| ≤ 10 kW  | 7,94 ct/kWh           | 12,60 ct/kWh    |
| ≤ 40 kW  | 6,88 ct/kWh           | 10,56 ct/kWh    |
| ≤ 100 kW   | 5,62 ct/kWh           | 10,56 ct/kWh    |

# Online-Tool zur Abschätzung des Eigenverbrauchs



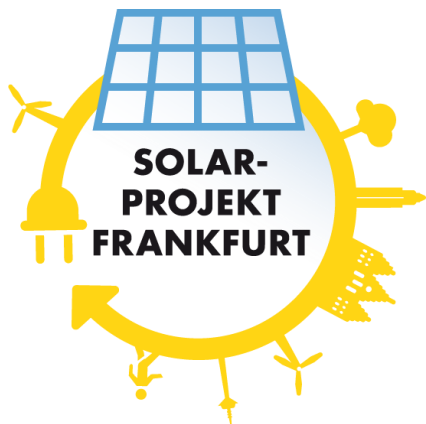
*Eigenverbrauch ist der Anteil des erzeugten Solarstroms, der selbst verbraucht wird*

- in Abhängigkeit von
  - Jahresverbrauch
  - PV-Leistung
  - Batteriegröße
  - E-Fahrzeug
  - Fahrzeugnutzung



[www.verbraucherzentrale.nrw/solarrechner](http://www.verbraucherzentrale.nrw/solarrechner)

# Steuerliche Behandlung



# Steuerliche Behandlung im Einzelfall prüfen

Detaillierte Klärung der steuerlichen Behandlung der Anlage mit dem/der Steuerberater:in

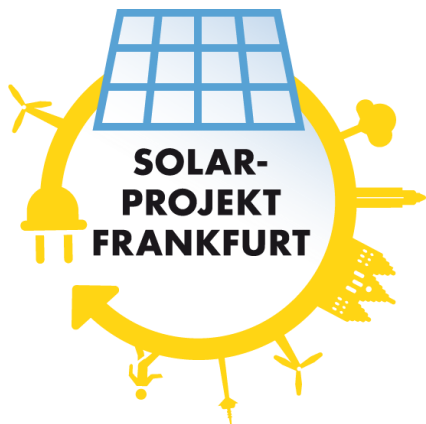
- **Mehrwertsteuerfreier Bezug** der Anlage seit 01.01.23 möglich.
- **Photovoltaik ohne Finanzamt betreiben** (Einkommenssteuerfrei bis 15 kWp für Mehrfamilienhäuser bzw. 30 kWp für Einfamilienhäuser ohne Nachweis möglich)



## ***Informative Links:***

- <https://www.sfv.de/photovoltaik-steuergeschenk-der-bundesregierung>
- <https://www.pv-magazine.de/2023/10/06/steuern-sparen-mit-photovoltaik-ohne-finanzamt/>

# Nützliche Tipps zur eigenen Anlage



## 8 Schritte zur eigenen Anlage

1. Idee und Erst-Information (heute)
2. Ertragsabschätzung, Möglichkeiten & Aufwand
3. Angebote von zwei/mehreren Anbietern
4. Förderung beantragen
5. Kaufvertrag mit Inbetriebnahmedatum und Komplettpreis
6. Klärung Steuerfragen & Versicherungsschutz
7. Installation der Anlage
8. Anmeldung bei Netzbetreiber, Marktstammdatenregister und ggf. Finanzamt



*Der SFV steht Ihnen gerne für Infos und Beratung zur Verfügung. Infos unter:*

[www.sfv.de/solaranlagenberatung](http://www.sfv.de/solaranlagenberatung)



# Angebote einholen: Gute Anfragen für Gute Angebote

- **Regionale Fachfirmen wählen.** Eine Liste mit Solarteur:innen gibt es hier: [www.sfv.de/publikationen/sachverstaendige](http://www.sfv.de/publikationen/sachverstaendige)
- genaue Adresse und Baujahr angeben (so können Anbieter das Haus auf Google-Maps / im Solarkataster finden), Blitzschutz vorhanden?
- gewünschte Dachflächen benennen für Module, optional auch "schlechtere" Dachseite anfragen
- Fotos vom Dach (Garten und Straßenseite)
- Foto vom **offenen** Zählerkasten
- Batterie (ja, nein, optional), möglichst gewünschte Größe in kWh mit angeben (z. B.: [www.verbraucherzentrale.nrw/solarrechner](http://www.verbraucherzentrale.nrw/solarrechner))



*Gute Anfragen sind bei aktuell hohen Marktdruck immer wichtiger!*

# Wie erkenne ich ein gutes Angebot?

- Auf lokale Anbieter setzen
- Entspricht das Angebot den Vorstellungen?
  - Dach voll belegt?
  - Mit Speicher oder Ohne?
  - Optische Vorlieben oder bestimmte Herstellerwünsche?
- Kosten transparent aufgeschlüsselt und einzeln bepreist?
  - Ein Kostenvergleich mit den gleichen Komponenten im Internet kann helfen
- Installationskosten in €/kWp errechnen und vergleichen
  - Zwischen 1500-2200€/kWp sind aktuelle Richtwerte (ohne Speicher)
  - Speicher separat berechnen: 600-1000€/kWh
- Angemessene Zahlungsbedingungen?
  - Weitere Infos hier: <https://www.sfv.de/verbraucherschutz-bei-pv-investitionen>



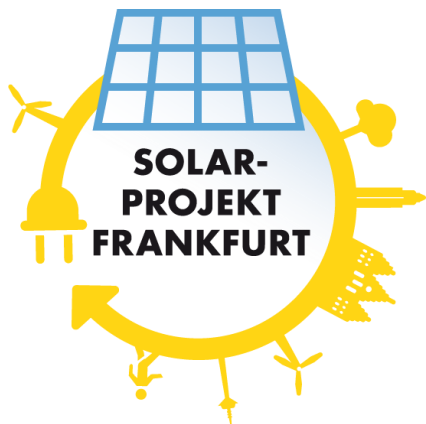
**Der SFV hilft weiter:**  
*Angebotsprüfung von  
bis zu 2 Angeboten  
Für Mitglieder kostenlos  
oder auf Rechnungsbasis*

[https://www.sfv.de/  
solaranlagenberatung  
/angebotspruefung](https://www.sfv.de/solaranlagenberatung/angebotspruefung)



# Anhang

Hier gibt es noch zusätzliche Folien für euren Vortrag



# Das „kleine Solaranlagen 1x1“ des SFV



- Hilfreiche Infos und Tipps für Solaranlagen-Einsteiger:innen
- Checklisten, How-To Anleitungen
- Fact-Sheets zu Technik und Komponenten
- Weiterführende Artikel zu Konsum, Recycling, Verbraucherschutz, Geschichte

Versand mit Info-Mail

Download unter <https://www.sfv.de/solarbrief-01-2023>



| Begriff        | Bedeutung  | Anmerkung  |
|----------------|--|--|
| Solarmodul     | Erzeugt elektrische Energie (Gleichstrom)                      |  |
| Solarzelle     | Teil des Solarmoduls   |  |
| Wechselrichter | Wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um                         |  |
| String         | Gleichstromeingang des Wechselrichters<br>kann mehrere haben   | auch Strang genannt  |
| Modulleistung  | Nennleistung für ein Modul (z.B. 350 W)                        | z.B. eine Lampe hat 20 W   |
| Erzeugung      | Stromertrag in Kilowattstunde (kWh)<br>z.B. 5.000 kWh im Jahr  | Gegenteil von Verbrauch: z.B.<br>Lampe brennt eine Stunde: 20 Wh |
| Eigenverbrauch | Erzeugter PV-Strom, der im eigenen Haushalt<br>verbraucht wird |  |
| Einspeisung    | Erzeugter PV-Strom, der ins öffentliche Netz<br>gegeben wird   |  |
| Solarkollektor | Erzeugt Warmwasser   | Wird heute nicht betrachtet                                      |
| Solateur       | Fachfirma, die Solaranlagen baut                               |  |

# Liste mit Solarkatastern

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Solarkataster Hessen          | <a href="https://www.energieland.hessen.de/solar-kataster">https://www.energieland.hessen.de/solar-kataster</a>   |
| Solarkataster Rheinland-Pfalz | <a href="https://solarkataster.rlp.de/start">https://solarkataster.rlp.de/start</a>   |
| Solarkataster NRW             | <a href="https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster">https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster</a>   |
| Solaratlas BaWü               | <a href="https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflächen/solarpotenzial-auf-dachflächen">https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflächen/solarpotenzial-auf-dachflächen</a> |
| Europa                        | <a href="https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/de/#PVP">https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/de/#PVP</a>   |

## Weitere informative Links

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Wirtschaftlichkeitsrechnung | <a href="https://www.test.de/Photovoltaik-Rechner-1391893-0/">https://www.test.de/Photovoltaik-Rechner-1391893-0/</a>   |
| Speicher Dimensionierung    | <a href="https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/">https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/</a>   |
| Lohnen sich Speicher?       | <a href="https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/lohnensich-batteriespeicher-fuer-photovoltaikanlagen-24589">https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/lohnensich-batteriespeicher-fuer-photovoltaikanlagen-24589</a> |
| HTW-Unabhängigkeitsrechner  | <a href="https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/">https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/</a>   |
|                             |   |





# PV-Ertrag in Abhängigkeit der Dachneigung und Ausrichtung

| Ausrichtung (Abweichung von Süden) |      | 0°   | 5°   | 10°  | 15°  | 20°  | 25°  | 30°  | 35°   | 40°  | 45°  | 50°  | 55°  | 60°  | 65°  | 70°  | 75°  | 80°  | 85°  | 90°  |      |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                    | 0°   | 86,5 | 90,0 | 92,9 | 95,3 | 97,3 | 98,7 | 99,6 | 100,0 | 99,8 | 99,0 | 97,8 | 96,0 | 93,7 | 90,9 | 87,6 | 83,9 | 79,9 | 75,3 | 70,6 |      |
|                                    | 5°   | 86,5 | 90,0 | 92,9 | 95,3 | 97,3 | 98,7 | 99,6 | 100,0 | 99,8 | 99,0 | 97,7 | 96,0 | 93,7 | 91,0 | 87,7 | 84,0 | 79,9 | 75,5 | 70,7 |      |
|                                    | 10°  | 86,5 | 89,9 | 92,8 | 95,3 | 97,2 | 98,6 | 99,5 | 99,8  | 99,6 | 98,9 | 97,6 | 95,9 | 93,6 | 90,8 | 87,6 | 83,9 | 79,9 | 75,5 | 70,7 |      |
|                                    | 15°  | 86,5 | 89,9 | 92,7 | 95,1 | 97,0 | 98,4 | 99,2 | 99,5  | 99,3 | 98,7 | 97,4 | 95,6 | 93,3 | 90,5 | 87,3 | 83,7 | 79,7 | 75,3 | 70,7 |      |
|                                    | 20°  | 86,5 | 89,8 | 92,6 | 94,9 | 96,7 | 98,0 | 98,8 | 99,1  | 98,9 | 98,1 | 96,9 | 95,0 | 92,8 | 90,1 | 87,0 | 83,5 | 79,5 | 75,2 | 70,6 |      |
|                                    | 25°  | 86,5 | 89,7 | 92,4 | 94,6 | 96,3 | 97,6 | 98,3 | 98,6  | 98,3 | 97,5 | 96,1 | 94,4 | 92,3 | 89,6 | 86,5 | 83,0 | 79,1 | 74,9 | 70,4 |      |
|                                    | 30°  | 86,5 | 89,6 | 92,1 | 94,1 | 95,8 | 97,0 | 97,6 | 97,9  | 97,5 | 96,7 | 95,5 | 93,8 | 91,6 | 88,9 | 85,8 | 82,4 | 78,6 | 74,4 | 70,1 |      |
|                                    | 35°  | 86,5 | 89,4 | 91,8 | 93,7 | 95,3 | 96,2 | 96,9 | 97,0  | 96,6 | 95,8 | 94,6 | 92,8 | 90,6 | 87,9 | 85,0 | 81,6 | 77,9 | 73,9 | 69,6 |      |
|                                    | 40°  | 86,5 | 89,2 | 91,4 | 93,2 | 94,5 | 95,5 | 96,0 | 96,0  | 95,5 | 94,7 | 93,5 | 91,6 | 89,4 | 87,0 | 84,0 | 80,7 | 77,0 | 73,1 | 69,0 |      |
|                                    | 45°  | 86,5 | 89,0 | 91,0 | 92,6 | 93,8 | 94,6 | 95,0 | 94,9  | 94,4 | 93,6 | 92,1 | 90,4 | 88,3 | 85,8 | 82,8 | 79,6 | 76,1 | 72,2 | 68,1 |      |
|                                    | 50°  | 86,5 | 88,7 | 90,5 | 92,0 | 93,0 | 93,6 | 93,9 | 93,7  | 93,2 | 92,1 | 90,7 | 89,0 | 87,0 | 84,4 | 81,4 | 78,4 | 74,9 | 71,2 | 67,3 |      |
|                                    | 55°  | 86,5 | 88,5 | 90,1 | 91,3 | 92,1 | 92,6 | 92,7 | 92,4  | 91,7 | 90,7 | 89,3 | 87,6 | 85,3 | 82,7 | 80,1 | 77,0 | 73,6 | 69,9 | 66,2 |      |
|                                    | 60°  | 86,5 | 88,3 | 89,6 | 90,5 | 91,1 | 91,4 | 91,3 | 91,0  | 90,7 | 89,0 | 87,6 | 85,9 | 83,6 | 81,2 | 78,5 | 75,5 | 72,1 | 68,7 | 65,0 |      |
|                                    | 65°  | 86,5 | 88,0 | 89,0 | 89,7 | 90,1 | 90,2 | 89,9 | 89,4  | 88,5 | 87,3 | 85,9 | 84,0 | 81,9 | 79,6 | 76,8 | 73,7 | 70,6 | 67,3 | 63,6 |      |
|                                    | 70°  | 86,5 | 87,7 | 88,4 | 88,9 | 89,0 | 88,9 | 88,8 | 88,4  | 87,9 | 86,8 | 85,6 | 84,0 | 82,1 | 80,0 | 77,6 | 74,9 | 72,0 | 69,0 | 65,7 | 62,1 |
|                                    | 75°  | 86,5 | 87,4 | 87,9 | 88,0 | 87,9 | 87,6 | 87,0 | 86,1  | 85,0 | 83,7 | 82,0 | 80,1 | 78,0 | 75,6 | 72,9 | 70,2 | 67,3 | 63,9 | 60,6 |      |
|                                    | 80°  | 86,5 | 87,1 | 87,3 | 87,1 | 86,7 | 86,2 | 85,4 | 84,4  | 83,1 | 81,7 | 79,9 | 78,1 | 75,9 | 73,5 | 71,0 | 68,2 | 65,3 | 62,1 | 59,0 |      |
|                                    | 85°  | 86,5 | 86,7 | 86,6 | 86,2 | 85,6 | 84,7 | 83,8 | 82,6  | 81,2 | 79,6 | 77,9 | 75,9 | 73,7 | 71,3 | 68,8 | 66,1 | 63,2 | 60,3 | 57,3 |      |
|                                    | 90°  | 86,5 | 86,4 | 86,0 | 85,3 | 84,4 | 83,3 | 82,1 | 80,7  | 79,2 | 77,5 | 75,6 | 73,6 | 71,4 | 69,0 | 66,6 | 63,9 | 61,2 | 58,4 | 55,3 |      |
| 95°                                | 86,5 | 86,1 | 85,3 | 84,4 | 83,1 | 81,9 | 80,4 | 78,8 | 77,1  | 75,3 | 73,3 | 71,3 | 69,0 | 66,7 | 64,3 | 61,6 | 59,0 | 56,2 | 53,3 |      |      |
| 100°                               | 86,5 | 85,9 | 84,7 | 83,4 | 81,9 | 80,3 | 78,6 | 76,8 | 75,0  | 73,0 | 71,0 | 68,9 | 66,7 | 64,4 | 61,9 | 59,3 | 56,8 | 54,1 | 51,3 |      |      |
| 105°                               | 86,5 | 85,5 | 84,1 | 82,4 | 80,7 | 78,8 | 76,9 | 74,9 | 72,8  | 70,8 | 68,7 | 66,5 | 64,2 | 61,9 | 59,5 | 57,0 | 54,5 | 51,9 | 49,3 |      |      |
| 110°                               | 86,5 | 85,2 | 83,5 | 81,6 | 79,5 | 77,3 | 75,1 | 72,9 | 70,7  | 68,5 | 66,3 | 64,0 | 61,8 | 59,5 | 57,0 | 54,7 | 52,1 | 49,7 | 47,3 |      |      |
| 115°                               | 86,5 | 84,9 | 82,9 | 80,7 | 78,3 | 75,9 | 73,3 | 71,0 | 68,5  | 66,2 | 63,9 | 61,6 | 59,3 | 57,0 | 54,6 | 52,3 | 49,9 | 47,6 | 45,2 |      |      |
| 120°                               | 86,5 | 84,6 | 82,3 | 79,8 | 77,1 | 74,4 | 71,6 | 69,0 | 66,4  | 63,9 | 61,5 | 59,1 | 56,8 | 54,5 | 52,2 | 50,0 | 47,7 | 45,5 | 43,1 |      |      |
| 125°                               | 86,5 | 84,4 | 81,8 | 79,0 | 76,0 | 73,0 | 70,0 | 67,0 | 64,3  | 61,6 | 59,1 | 56,7 | 54,4 | 52,1 | 49,9 | 47,7 | 45,5 | 43,3 | 41,3 |      |      |
| 130°                               | 86,5 | 84,1 | 81,2 | 78,1 | 74,9 | 71,6 | 68,4 | 65,3 | 62,2  | 59,5 | 56,8 | 54,4 | 52,0 | 49,8 | 47,6 | 45,5 | 43,5 | 41,4 | 39,4 |      |      |
| 135°                               | 86,5 | 83,9 | 80,7 | 77,4 | 73,9 | 70,4 | 66,9 | 63,5 | 60,3  | 57,3 | 54,6 | 52,1 | 49,8 | 47,6 | 45,5 | 43,4 | 41,4 | 39,5 | 37,6 |      |      |
| 140°                               | 86,5 | 83,6 | 80,3 | 76,7 | 73,0 | 69,2 | 65,5 | 61,9 | 58,5  | 55,3 | 52,5 | 49,9 | 47,6 | 45,4 | 43,4 | 41,5 | 39,6 | 37,8 | 36,0 |      |      |
| 145°                               | 86,5 | 83,4 | 79,9 | 76,1 | 72,0 | 68,1 | 64,2 | 60,5 | 56,9  | 53,6 | 50,6 | 47,9 | 45,6 | 43,4 | 41,5 | 39,6 | 37,9 | 36,1 | 34,5 |      |      |
| 150°                               | 86,5 | 83,3 | 79,5 | 75,5 | 71,4 | 67,3 | 63,3 | 59,3 | 55,6  | 52,1 | 48,8 | 46,1 | 43,6 | 41,6 | 39,6 | 37,9 | 36,3 | 34,7 | 33,1 |      |      |
| 155°                               | 86,5 | 83,0 | 79,2 | 75,0 | 70,4 | 66,4 | 62,4 | 58,4 | 54,5  | 50,8 | 47,4 | 44,4 | 41,9 | 39,9 | 38,0 | 36,4 | 34,8 | 33,3 | 31,9 |      |      |
| 160°                               | 86,5 | 83,0 | 78,9 | 74,6 | 70,1 | 65,9 | 61,7 | 57,6 | 53,6  | 49,9 | 46,3 | 43,1 | 40,4 | 38,3 | 36,5 | 35,0 | 33,5 | 32,1 | 30,8 |      |      |
| 165°                               | 86,5 | 82,8 | 78,7 | 74,3 | 69,7 | 65,4 | 61,2 | 57,0 | 53,0  | 49,1 | 45,5 | 42,1 | 39,3 | 37,0 | 35,3 | 33,9 | 32,4 | 31,2 | 29,9 |      |      |
| 170°                               | 86,5 | 82,7 | 78,5 | 74,0 | 69,4 | 65,0 | 60,8 | 56,6 | 52,5  | 48,6 | 44,9 | 41,5 | 38,5 | 36,1 | 34,4 | 33,0 | 31,6 | 30,4 | 29,3 |      |      |
| 175°                               | 86,5 | 82,7 | 78,4 | 73,9 | 69,3 | 64,9 | 60,6 | 56,4 | 52,2  | 48,3 | 44,5 | 41,1 | 38,1 | 35,6 | 33,9 | 32,4 | 31,2 | 29,9 | 28,8 |      |      |
| 180°                               | 86,5 | 82,7 | 78,4 | 73,8 | 69,2 | 64,8 | 60,5 | 56,3 | 52,1  | 48,1 | 44,4 | 41,0 | 37,9 | 35,5 | 33,7 | 32,3 | 31,0 | 29,8 | 28,7 |      |      |

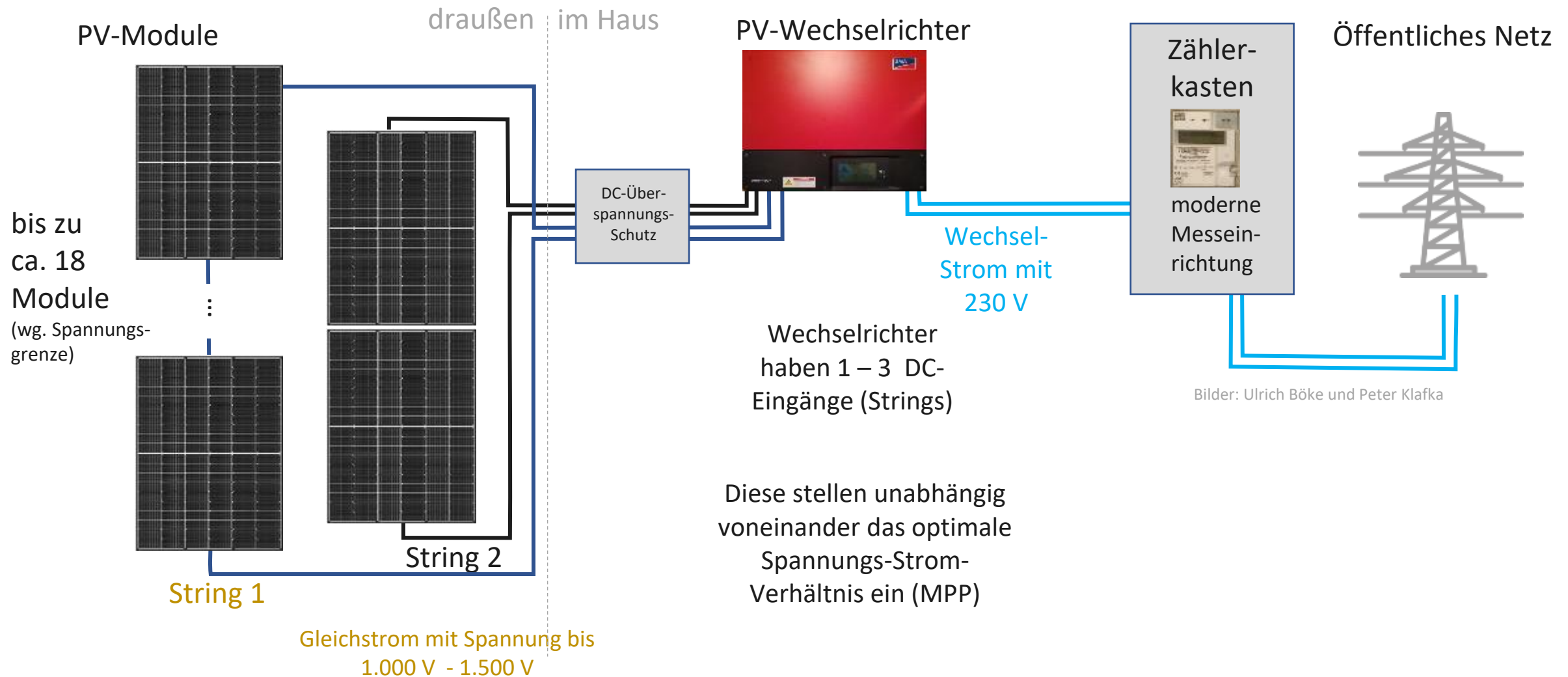
Aus: Konrad Mertens, Grundlagen der Photovoltaik



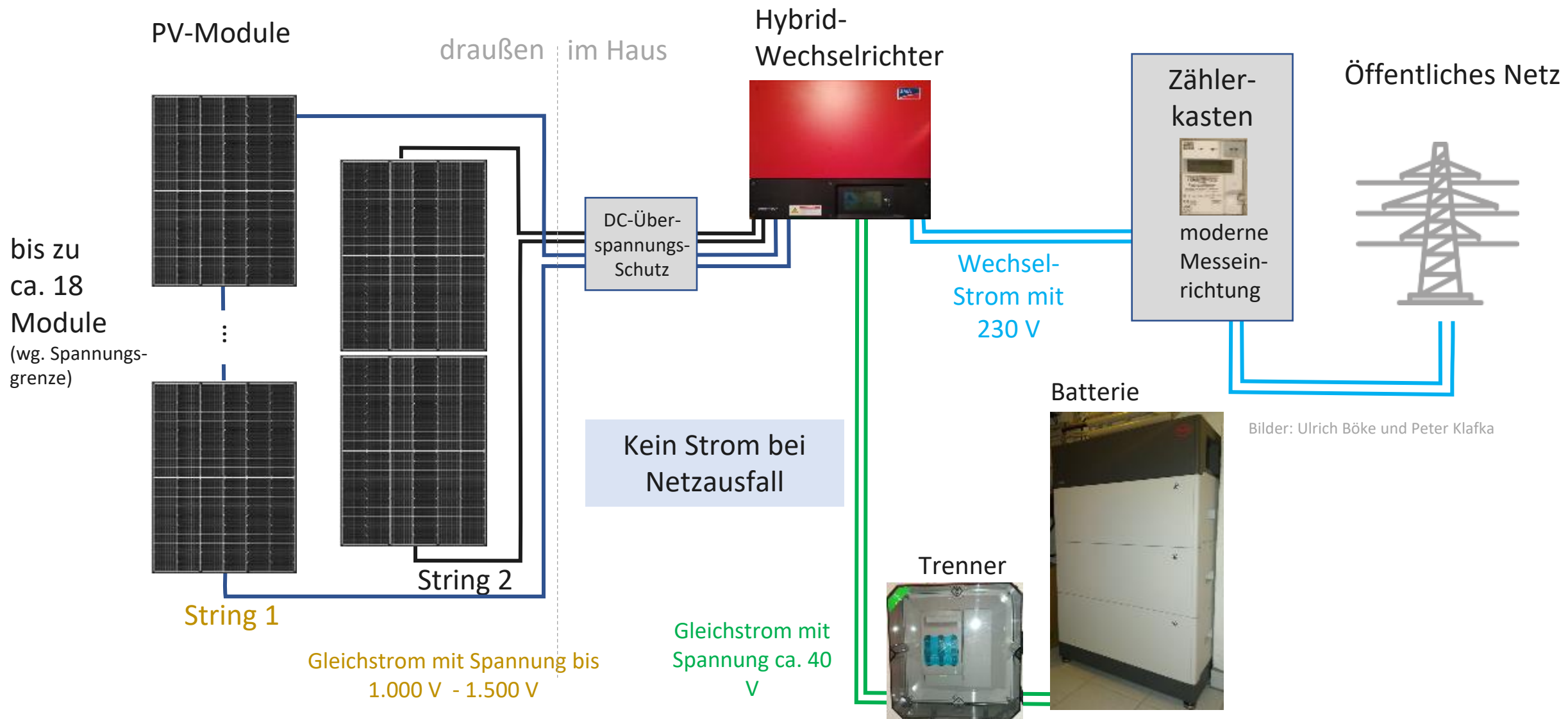
# Photovoltaik vs. Solarthermie

| <b>Photovoltaik</b>  | <b>Solarthermie</b>  |
|--|--|
| Erzeugung von elektrischem Strom   | Erzeugung von Warm- oder Heizungswasser  |
| Module bestehen aus Silizium, in dem durch die Sonneneinstrahlung ein physikalischer Prozess zur Stromerzeugung losgelöst wird | Kollektoren bestehen aus Glasröhren oder Blechen, in denen ein Frostschutzmittel durch Sonneneinstrahlung erwärmt wird |
| Die Photonenenergie der Sonne wird genutzt   | Die Wärme der Sonne wird genutzt   |
|   |                                    |

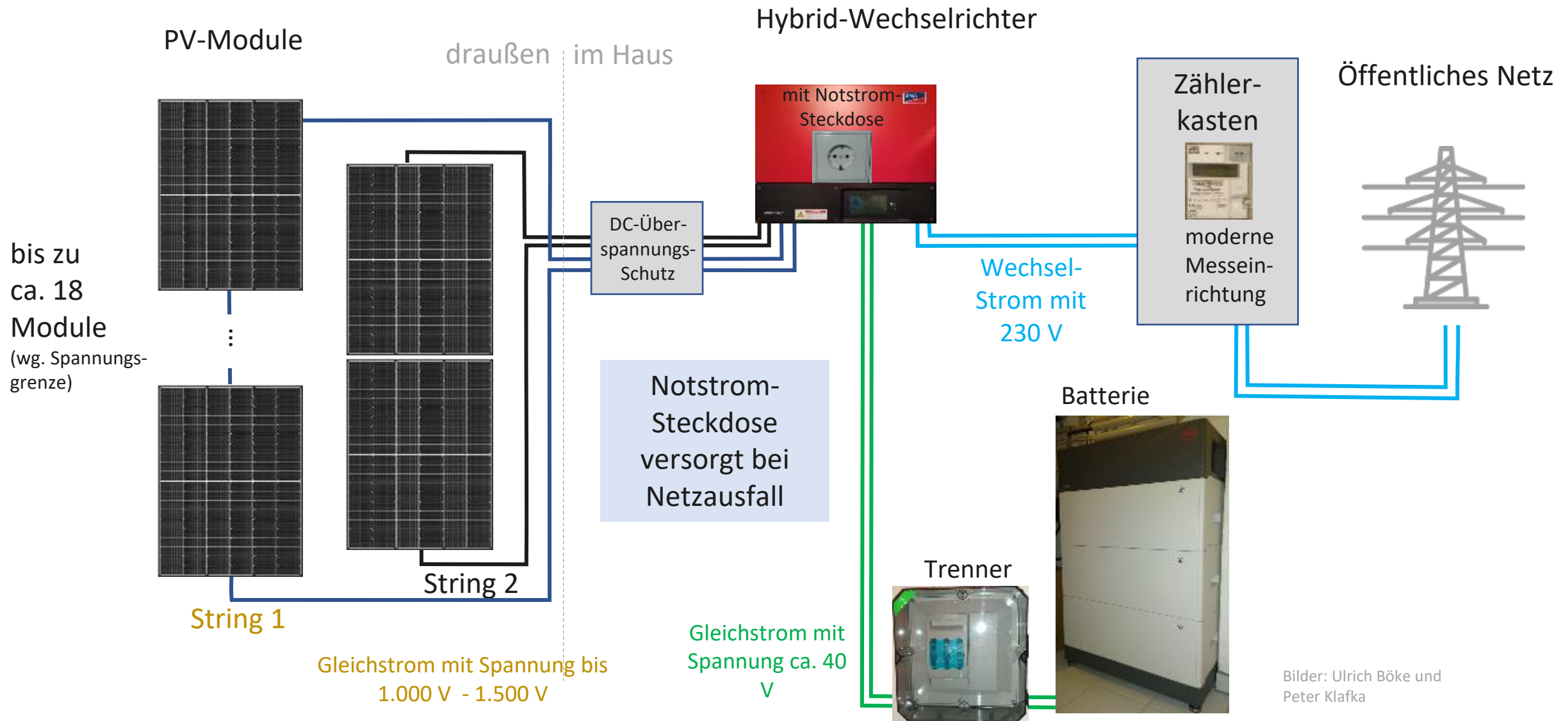
# Komponenten einer PV-Anlage



# Speicher mit Hybrid-Wechselrichter

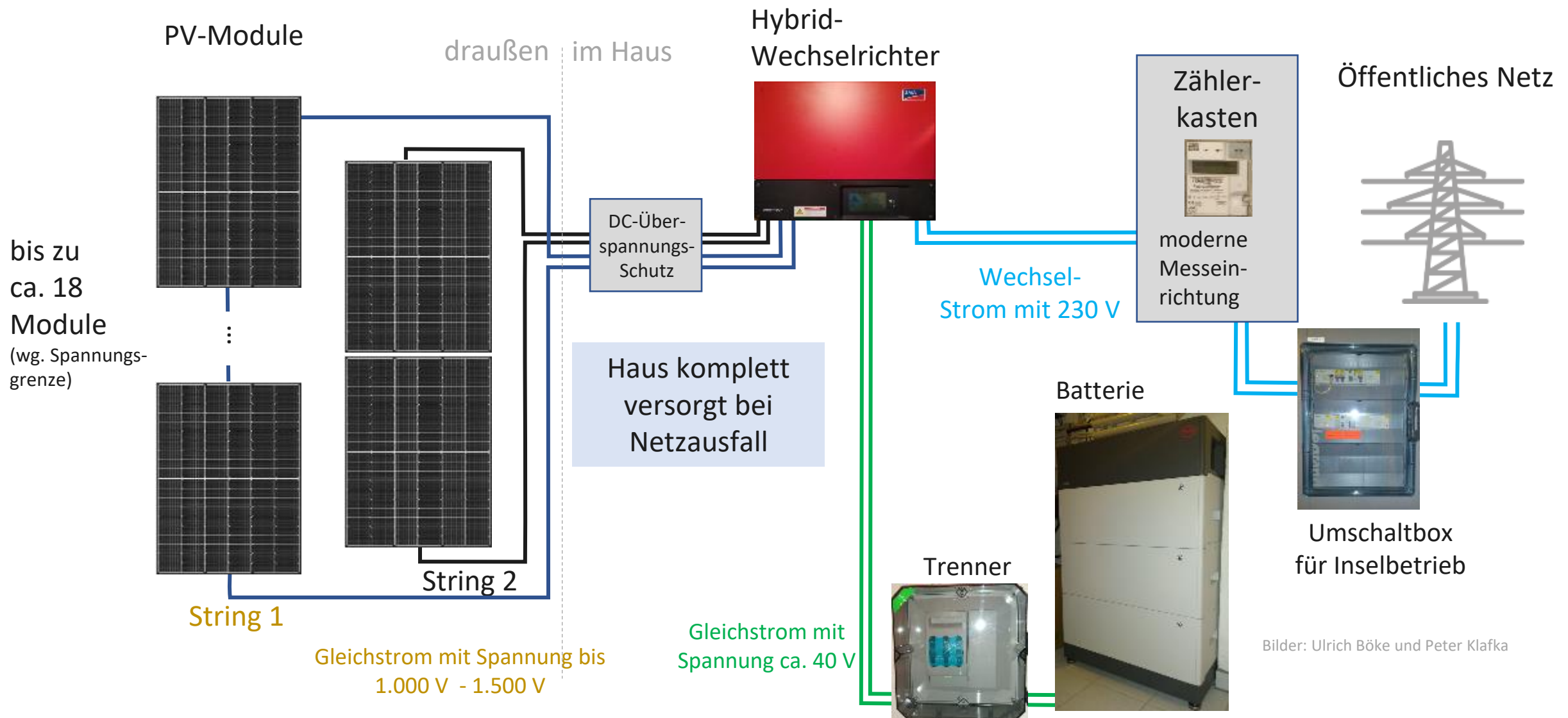


# Speicher mit Hybrid-Wechselrichter und Notstrom

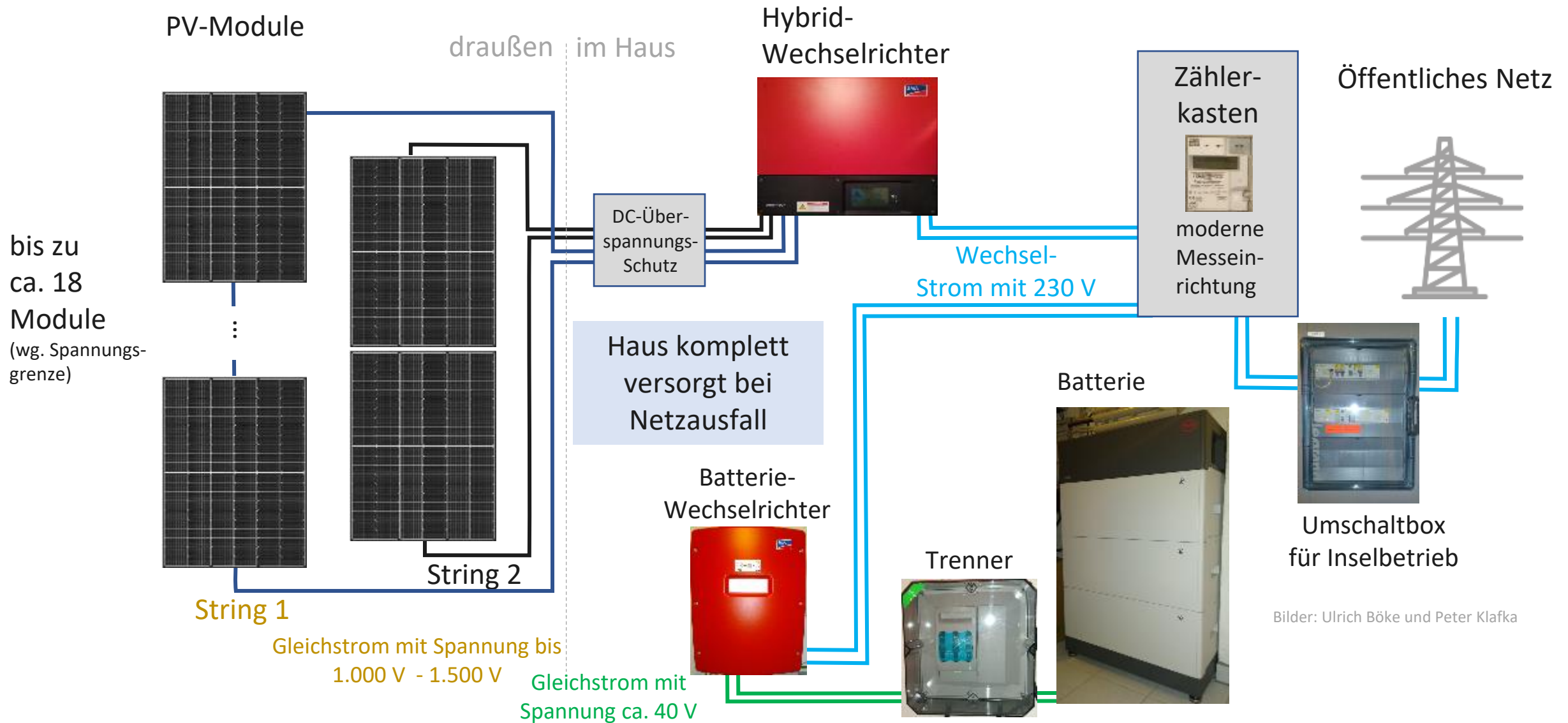


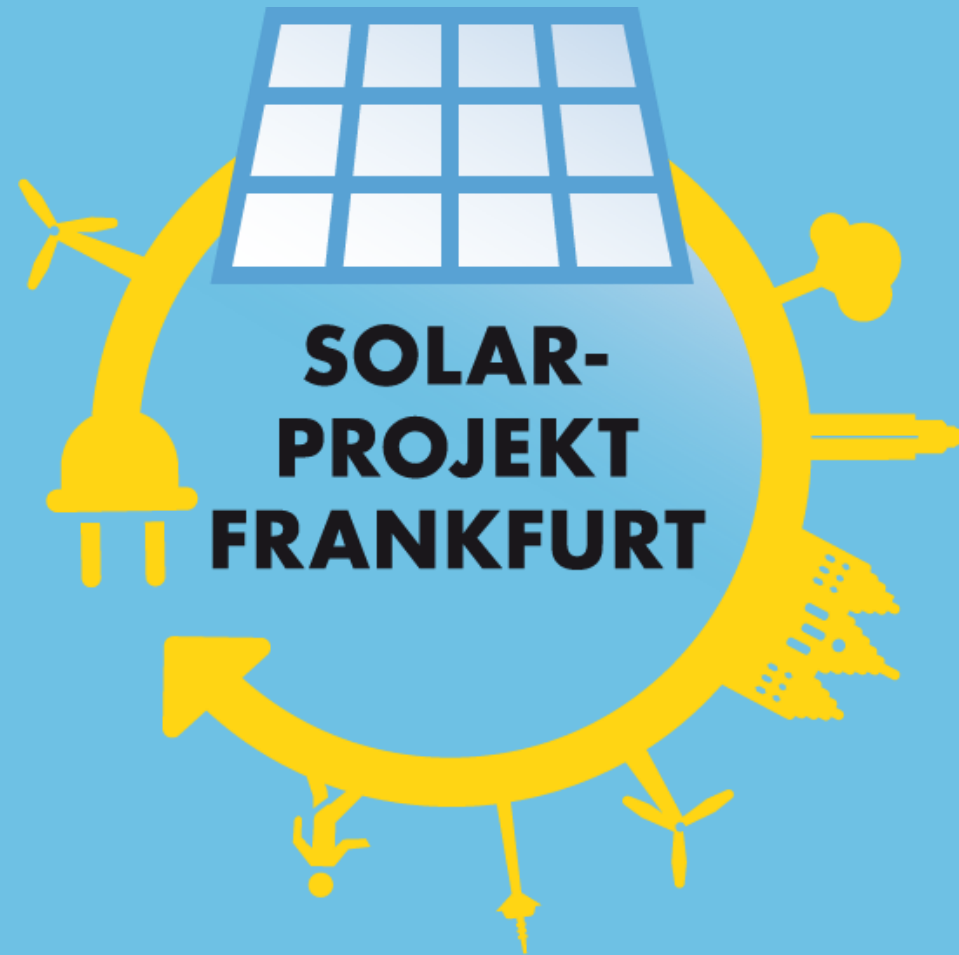


# Speicher mit Hybrid-Wechselrichter und Inselbetrieb



# Speicher mit separatem Batterie-Wechselrichter





**Kooperationsprojekt**



**Gefördert durch**

