

### Kooperationsprojekt



### Gefördert durch



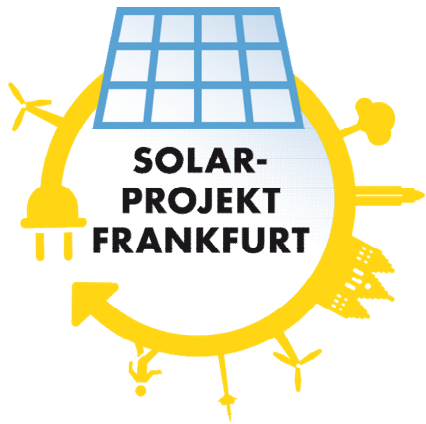


# Übersicht

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



# Warum Photovoltaik?

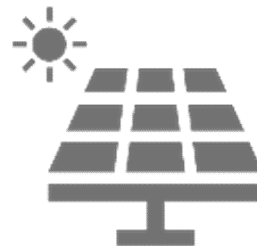




Klimaschutz!



Unabhängigkeit von  
Energieimporten



Energiewende „selbst“ in  
die Hand nehmen



Leise und dezentrale  
Energieerzeugung



Die Sonne schickt keine  
Preiserhöhungen



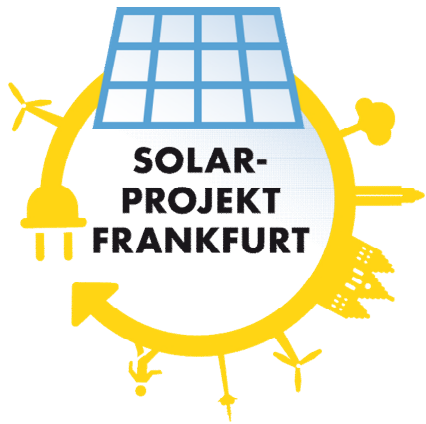
Weniger Hitze im  
Dachgeschoss



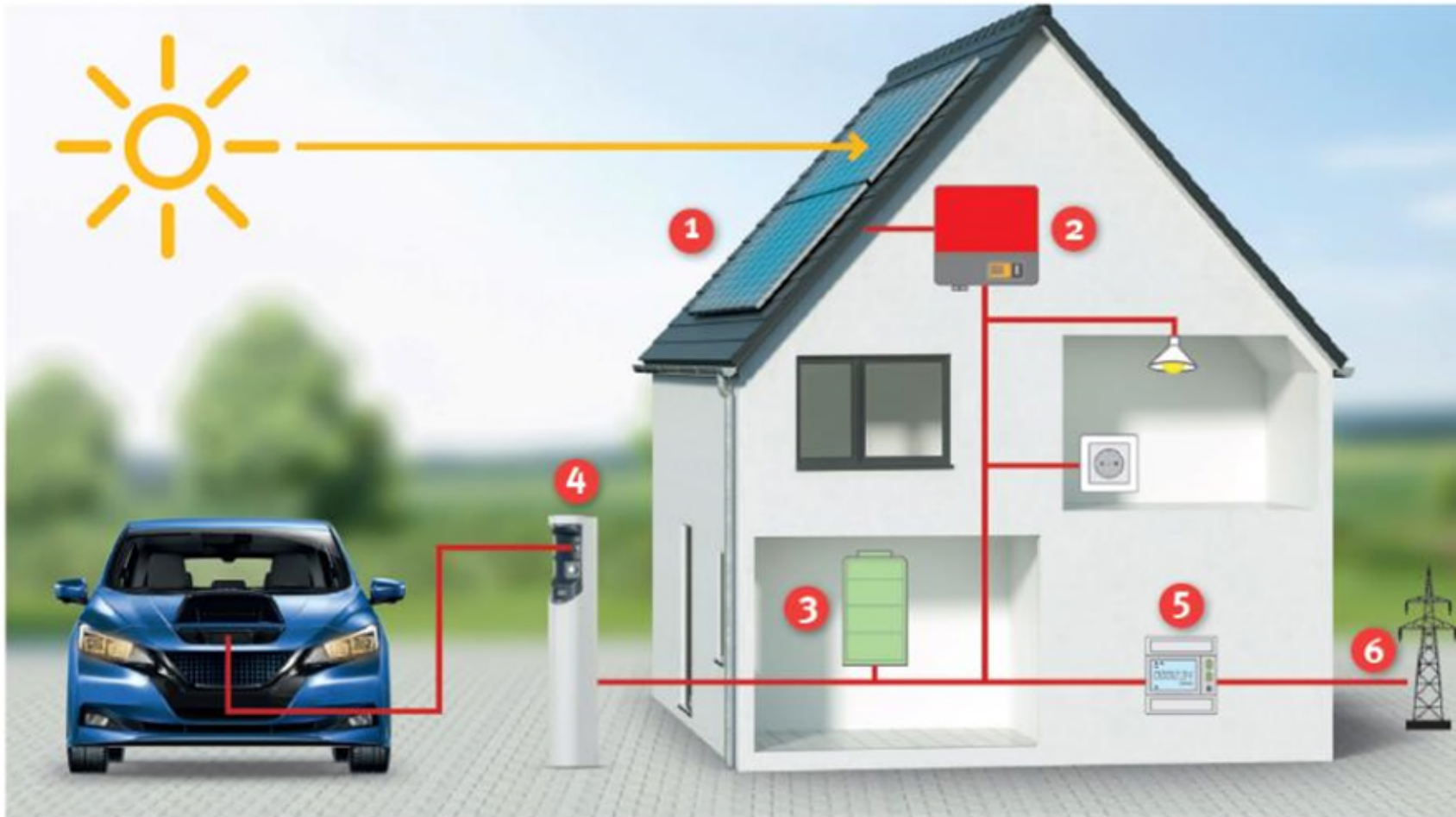
Bewährtes, langlebiges und  
robustes Produkt



# 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

- Typische Größe: 1,5-2 m<sup>2</sup>
- Benötigte Fläche:      Schrägdach ca. 5m<sup>2</sup> und  
                                    Flachdach ca. 8-10 m<sup>2</sup> je kWp
- Typische Leistung:      oft zwischen 390 - 430 Watt
- 3 Typen von Zellen:
  - Monokristalline Zellen (schwarz)
  - Polykristalline Zellen (blau-schimmernd)
  - amorphe Zellen (dunkelblau)
- Rückseite aus
  - Glas: längere Lebensdauer
  - Folie: billiger
- Energie-Rücklauf-Zeit eines Moduls:
  - Heutzutage 1-2 Jahre



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



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.*

# Neuerungen im Messtellenbetriebsgesetz 2023

- Fristen beim Einbau von Zählern: ab der 6-Woche nach Antrag auf Einbau einer Zähleinrichtung darf der Anschlussnehmer nun unter Einhaltung der allg. Regeln der Technik den Einbau durch einen fachkundigen Dritten auf eigene Kosten (Selbstvornahme) vornehmen.
- Ab 2025 müssen für alle Anschlussnutzer dynamische Stromtarife eingerichtet werden.
- Es reicht ein Smart Meter Gateway am Netzanschlusspunkt, auch bei mehreren Anschlussnutzern und mehreren EE-Anlagen (z.B. Balkonkraftwerke)



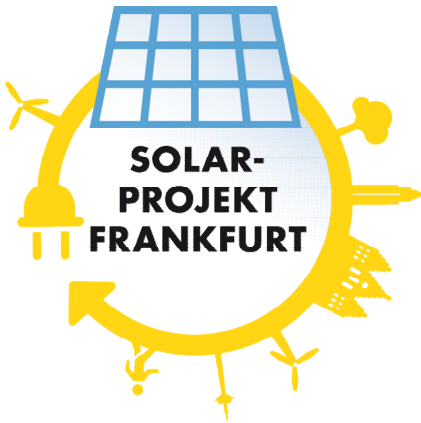
*Mit den Messtellenbetriebskosten sind sowohl die Kosten für Einbau, Betrieb als auch Abrechnung des Zählers abgegolten und dürfen nicht erneut vom Netzbetreiber erhoben werden.*

Gesetzlich vorgeschriebene Aufteilung der Kosten zum Messtellenbetrieb			
	Über 7 – 15 kW	Über 15 – 25 kW	Über 25 – 100 kW
Netzbetreiber	80 €	80 €	80 €
Anlagenbetreiber	20 €	50 €	120 €



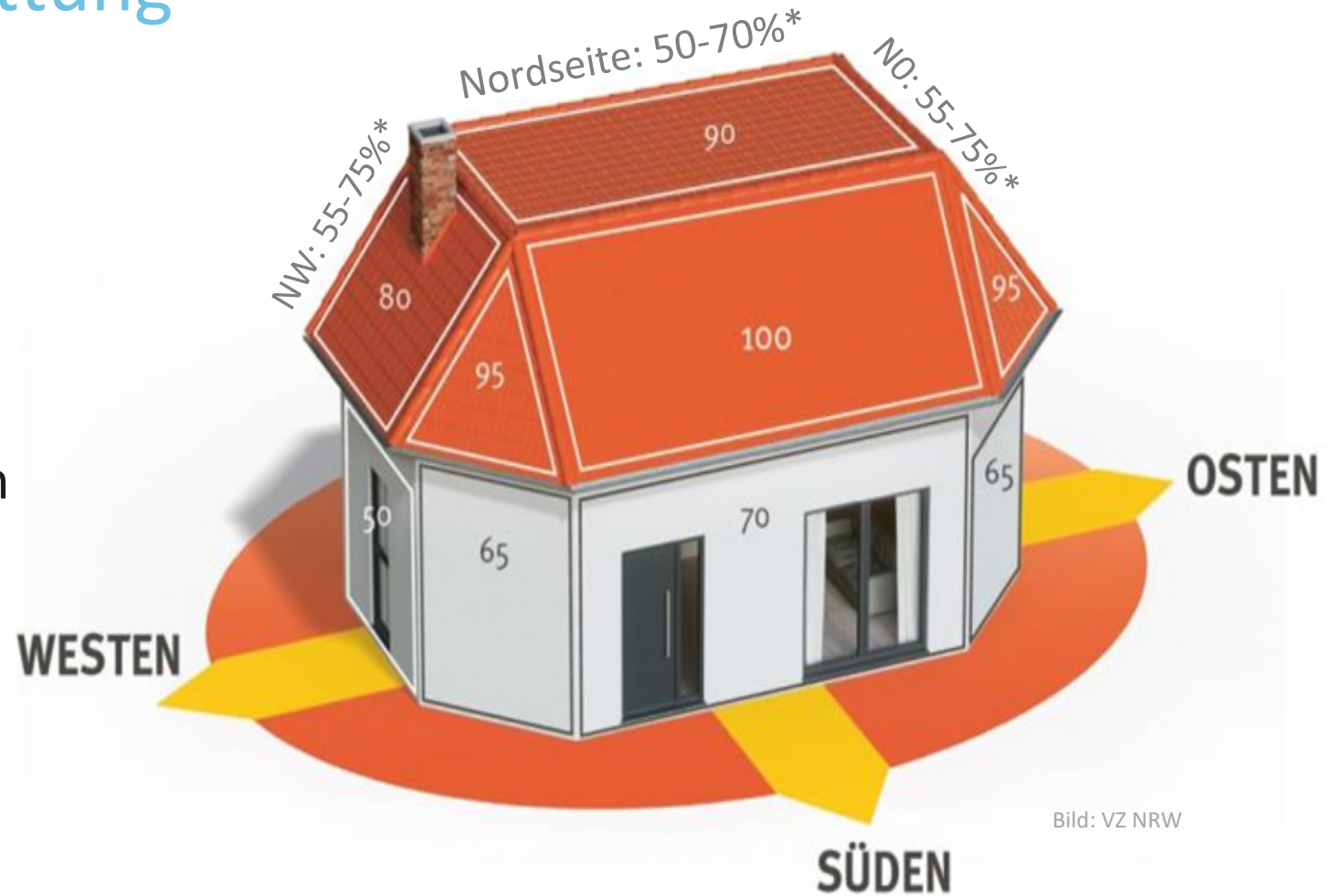
# Dacheignung

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

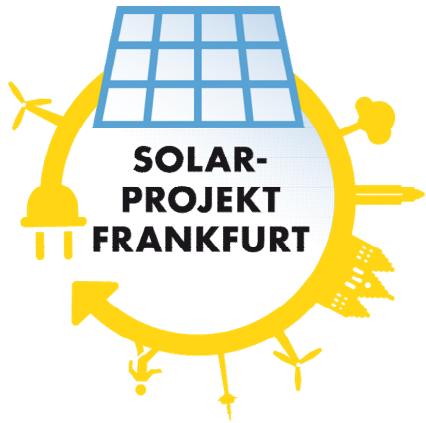
Fotos: Ulrich Böke



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



# Stromerzeugung

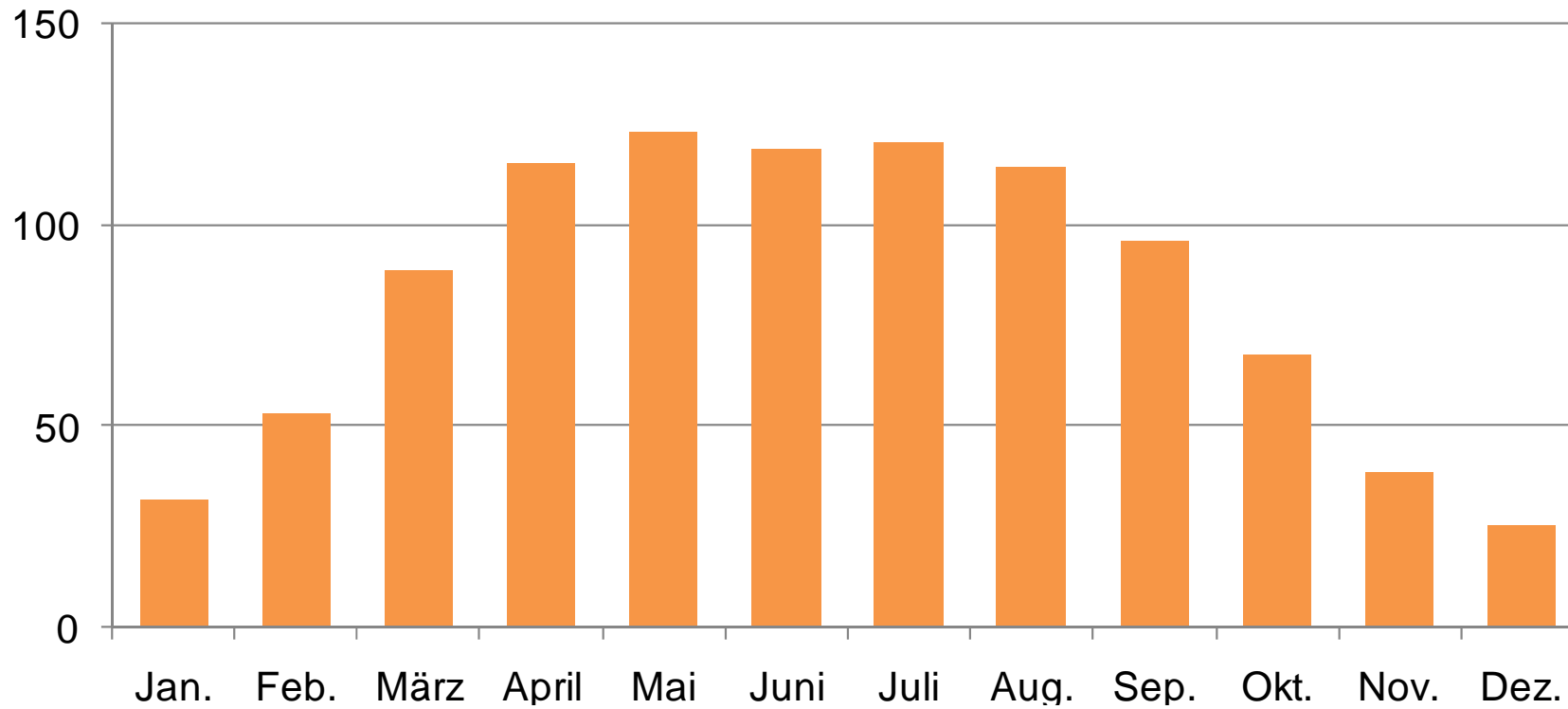




# Monatliche Stromerzeugung einer 7,8 kWp Referenzanlage

kWh/kWp

14 Jahres Statistik



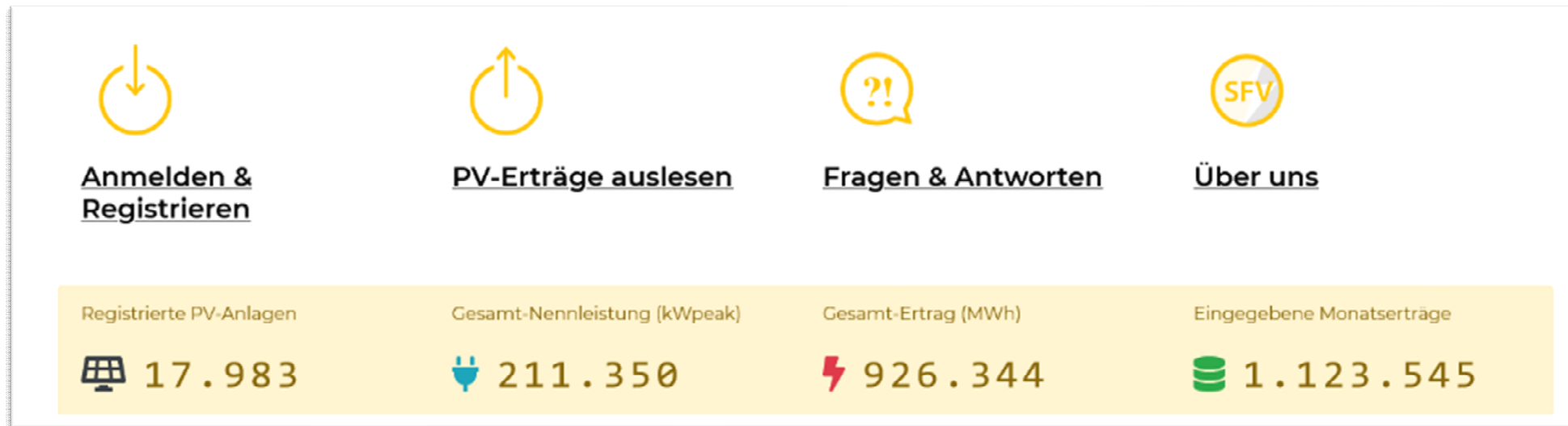
70 % im Sommerhalbjahr



# 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**



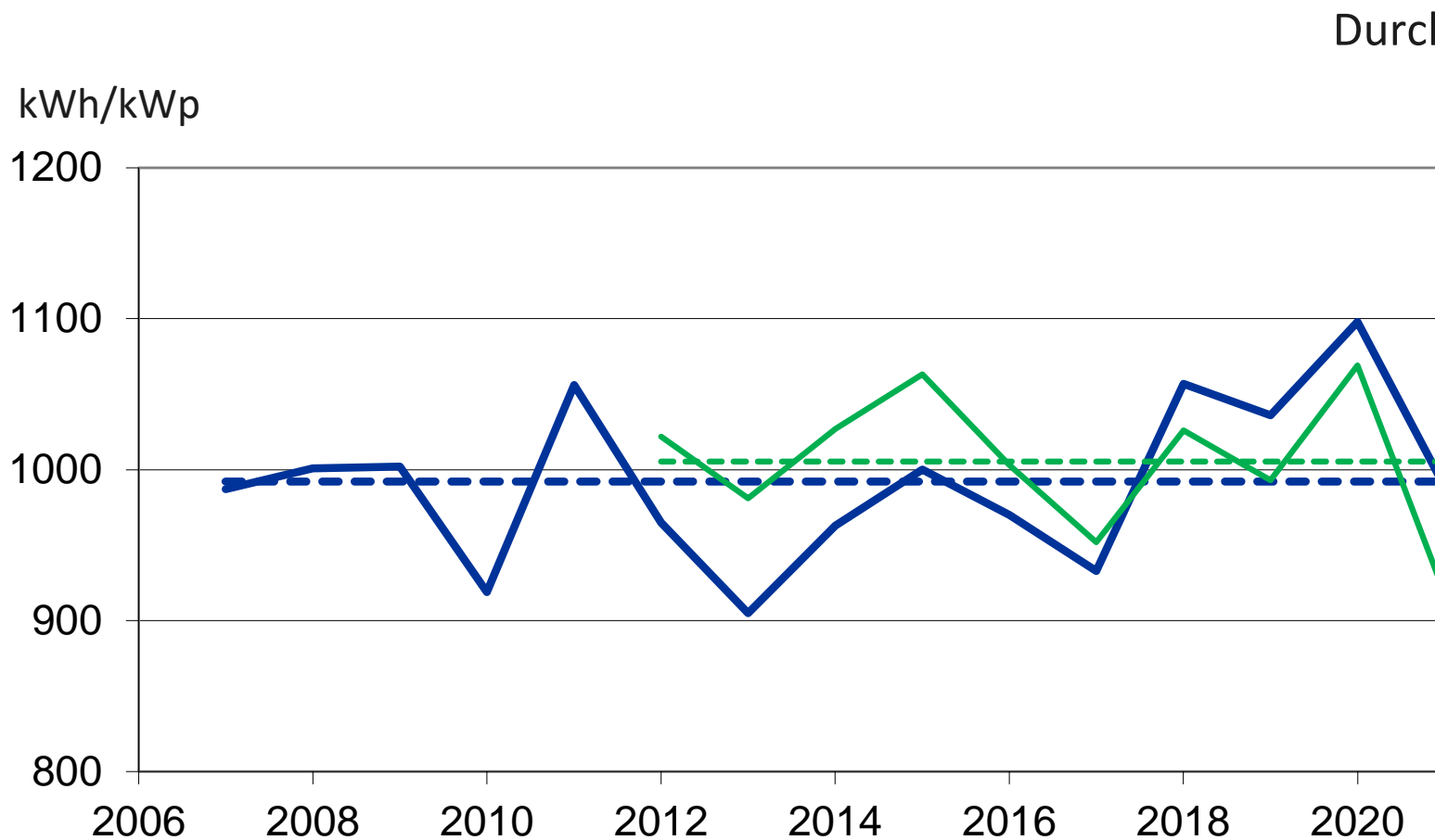
# Richtige Auslegung der PV-Anlage

- 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



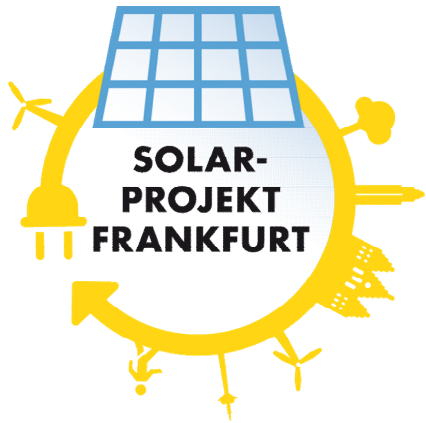
7,8 kWp



56 kWp



# Speicher und Notstrom



## Typische Investitionskosten - Speicher

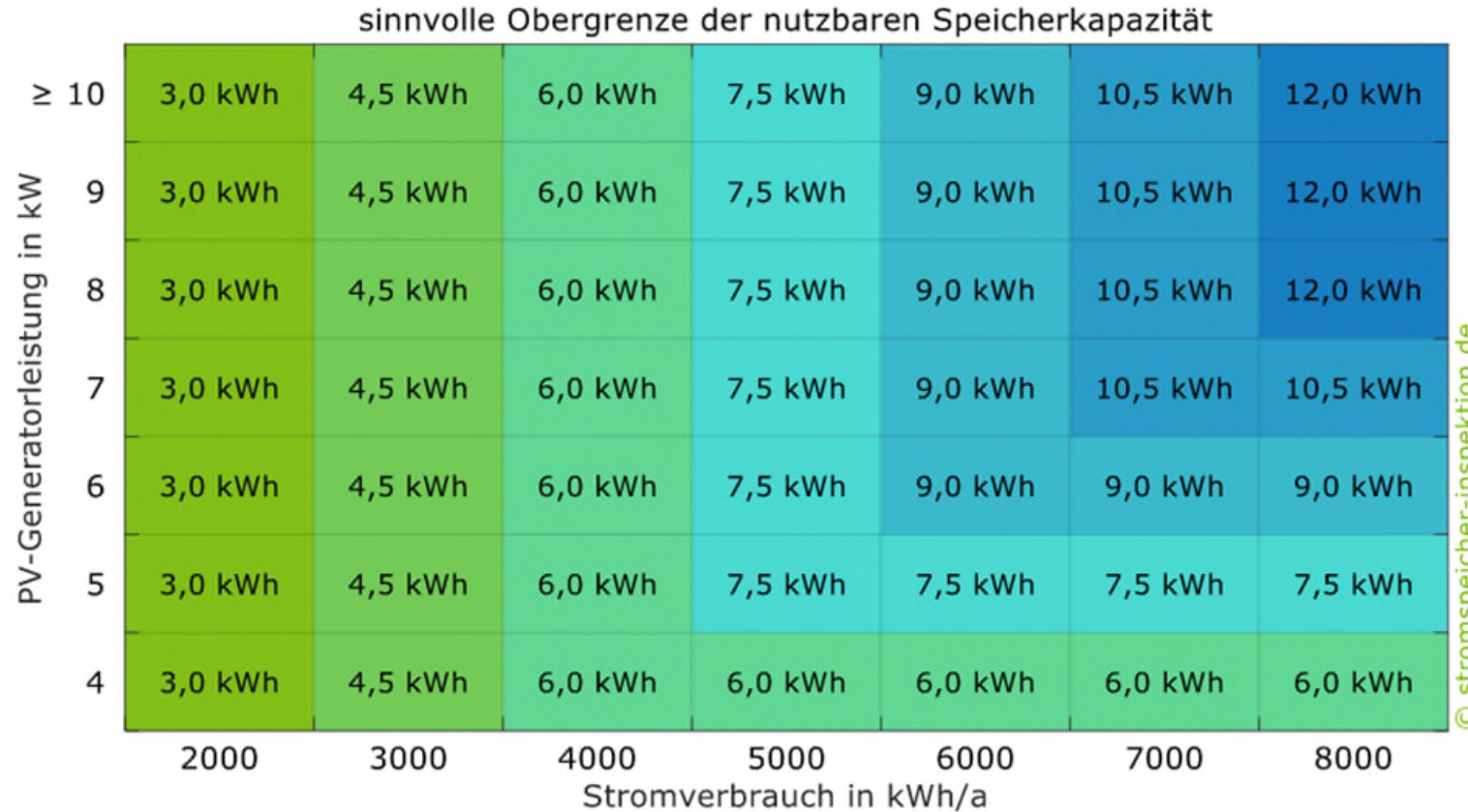
Installierte Kapazität	Investitionskosten
5 kWh	3.000 bis 6.000 €
10 kWh	6.000 bis 12.000 €

- 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

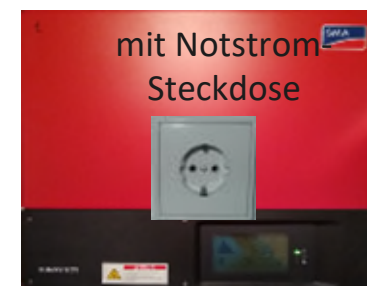
- Das Einspeisemanagement legt fest, mit welcher Priorität Solarstrom in einer Batterie gespeichert oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird.
- Hybrid-Wechselrichter mit Batterieanschluss haben diese Funktion integriert.  
Sie kann aber auch durch ein separates Gerät realisiert werden.
- Die Priorität 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



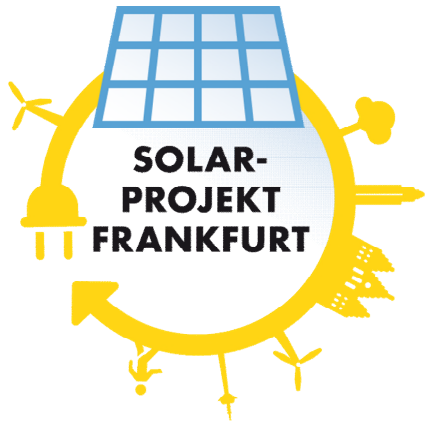


## Sonderfall: Not & Ersatzstrom

- 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)

- Häufige Novellierung, EEG 2023 trat in Teilen bereits 2022 in Kraft
- Anspruch auf Einspeisevergütung: 20 Jahre + Rest Inbetriebnahmejahr
- Vergütung für ins Netz eingespeisten Solarstrom
- Die Einspeisevergütung hängt von Größe der Anlage ab
- Recht auf Abschlagszahlung



Eine Übersicht über die aktuelle EEG-Vergütung und die der vergangenen Jahre gibt es hier: [www.sfv.de/solaranlagenberatung/eeg-verguetungen](http://www.sfv.de/solaranlagenberatung/eeg-verguetungen)

# Neuerungen im EEG 2023

Was?	Ab wann?
Neue Vergütungssätze	29.07.22
Entfall der 70% Leistungsbegrenzung bis 25kWp für Neuanlagen	14.09.22
Entfall der 70% Leistungsbegrenzung bis 7kWp für Bestandsanlagen Sobald ein intelligentes Messsystem eingebaut wurde, entfällt die Regelung auch für Anlagen mit mehr als 7 kWp	01.01.23
Anhebung der Einkommenssteuerfreiheit für Einfamilienhäuser auf 30 kWp und Mehrfamilienhäuser auf 15kWp je Wohneinheit	01.01.23
Entfall der Mehrwertsteuer für die Lieferung und Installation von PV-Anlagen auf Wohngebäuden	01.01.23
Vergütung von Garten-Solaranlagen mit von max. 20 kWp, wenn Dachfläche als „ungeeignet“ gilt, Vergütung 7ct/kWh	01.01.23
Vereinfachter Netzanschluss für Anlagen bis 30 kWp bei fehlender Zusage des Netzbetreibers nach 4 Wochen bei Einhaltung aller maßgeblichen Regelungen	01.01.23

# Einspeisevergütung nach EEG23

Einspeisevergütungssätze für Photovoltaik-Dachanlagen		
Installierte Leistung	EEG 2023* (ab 01.02.24)	
	Überschusseinspeisung	Volleinspeisung
≤ 10 kW	8,11 ct/kWh	12,87 ct/kWh
≤ 40 kW	7,03 ct/kWh	10,79 ct/kWh
≤ 100 kW	5,74 ct/kWh	10,79 ct/kWh

\*Der Netzbetreiber-Abzug nach §53 EEG von 0,4 cent ist in diesen Werten bereits abgezogen



Die Einspeisevergütungen für Anlagen >10kW werden gestaffelt berechnet. Auf der Webseite des SFV gibt es ein Tool zur Berechnung der Vergütung je nach Anlagengröße:

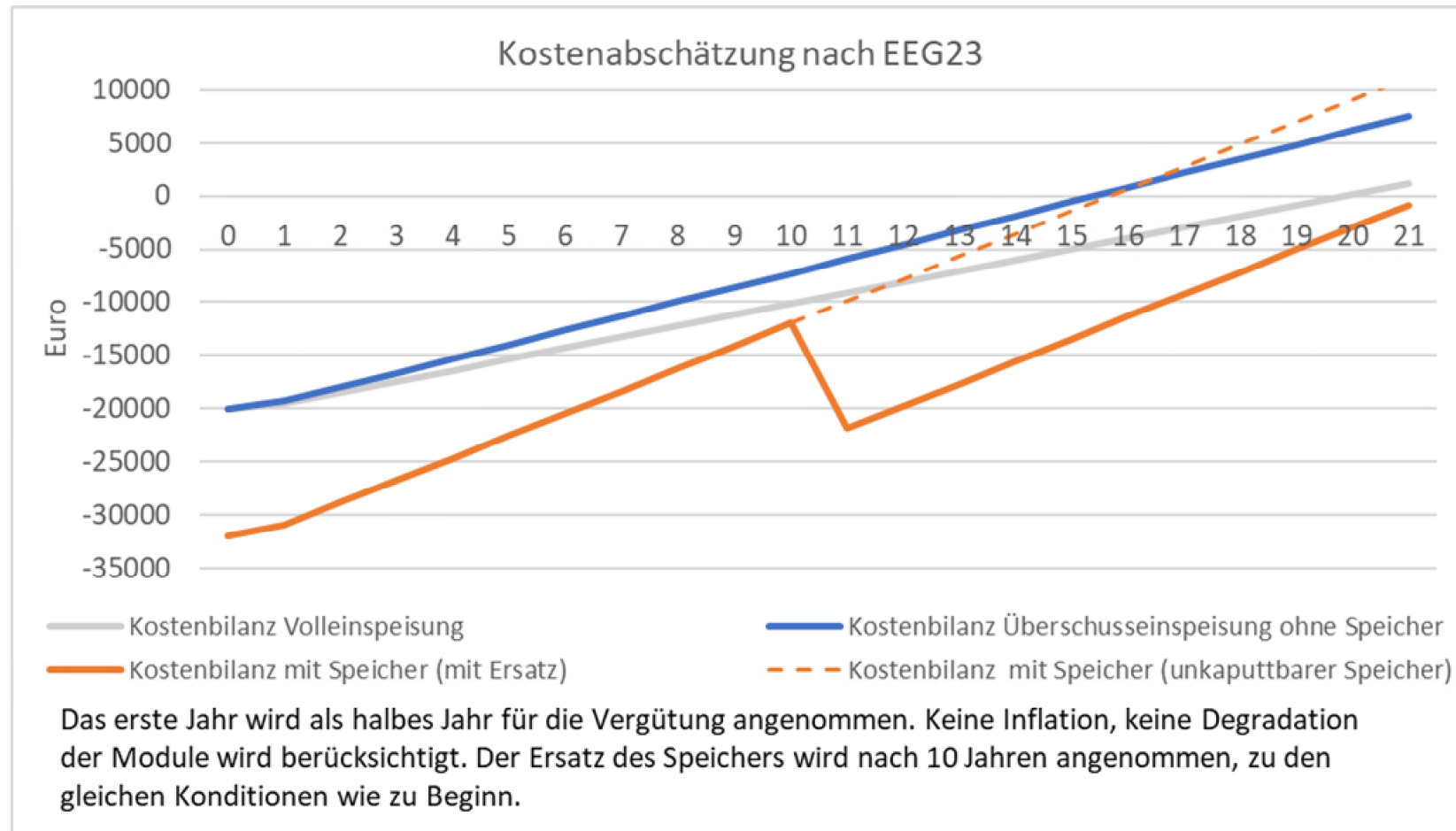
<https://www.sfv.de/solaranlagenberatung/eeg-verguetungen>

**Beispiel: Anlage mit 12 kWp**

Vergütung:  $(10/12 * 8,11) + 2/12 * 7,03 = 7,93 \text{ ct/kWh}$

# Rentabilität selber bewerten – Beispiel I/III

10,0 kWp Anlage zum Preis von 20.000€ mit 10 kWh Speicher für 12.000€



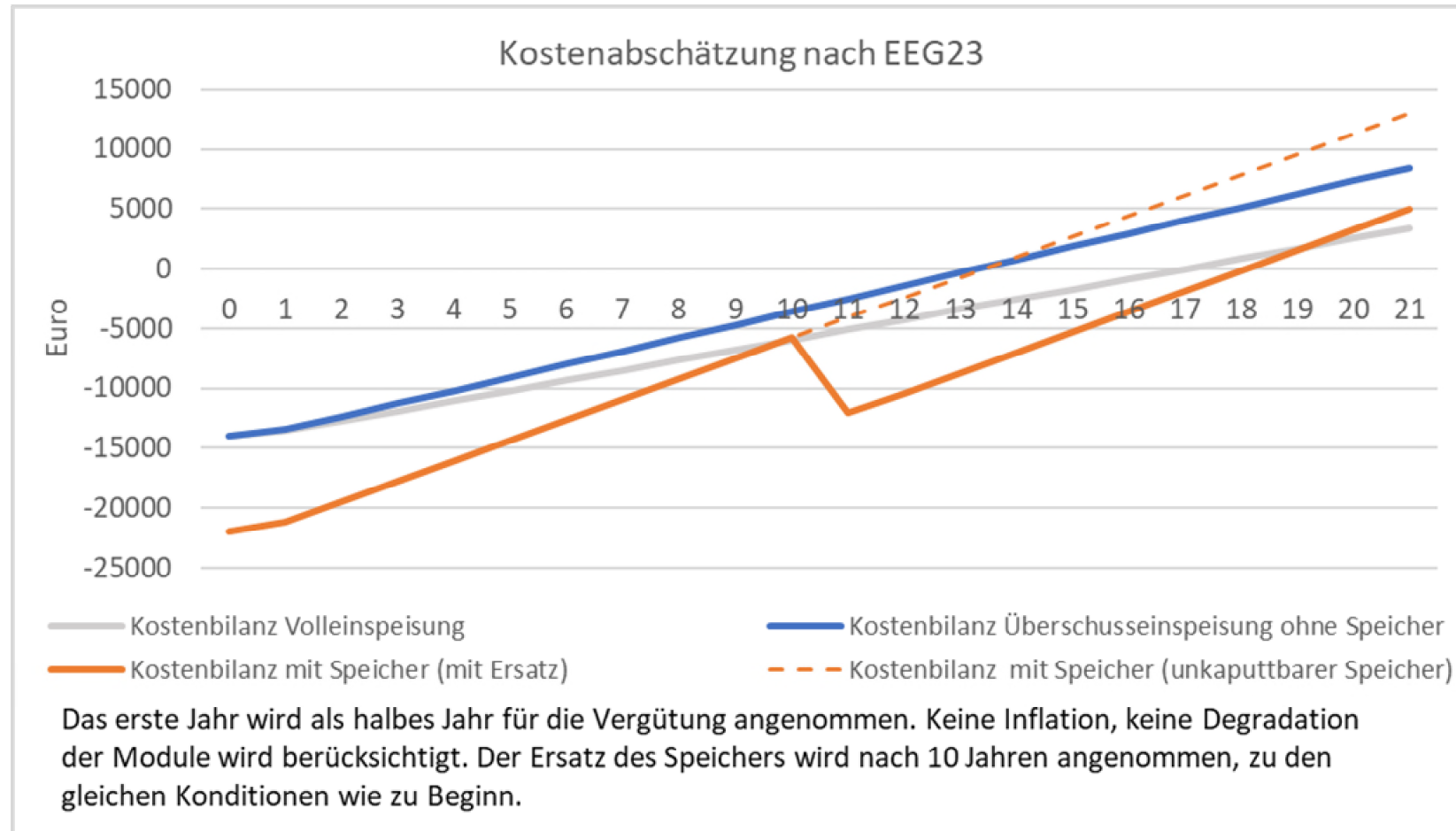
## Eckdaten:

- 10,0 kWp für 20.000€ (reales Angebot)
- 1% Betriebskosten für Versicherung, Zähler etc.
- 10,0 kWh Speicher für 12.000€
- Ersatz des Speichers nach 10 Jahren Laufzeit
- Konstanter Strompreis von 0,35€/kWh



# Rentabilität selber bewerten – Beispiel II/III

8,0 kWp Anlage zum Preis von 14.000€ mit 8 kWh Speicher für 8.000€



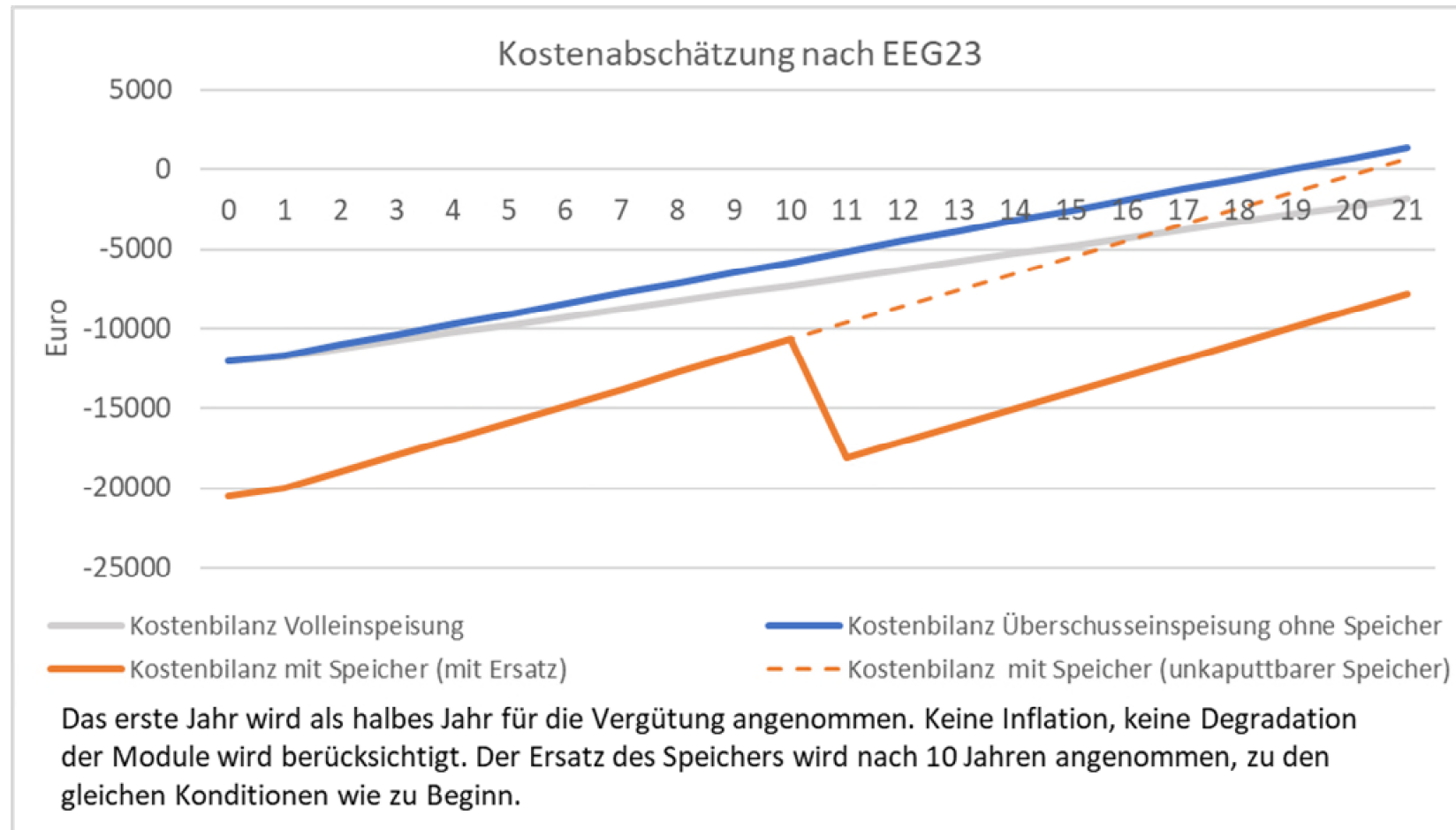
Eckdaten:

- 8,0 kWp für 14.000€ (reales Angebot)
- 1% Betriebskosten für Versicherung, Zähler etc.
- 8,0 kWh Speicher für 8.000€
- Ersatz des Speichers nach 10 Jahren Laufzeit
- Konstanter Strompreis von 0,35€/kWh



# Rentabilität selber bewerten – Beispiel III/III

5,0 kWp Anlage zum Preis von 8.000€ mit 5 kWh Speicher für 8.500€



## Eckdaten:

- 5,0 kWp für 8.000€ (reales Angebot)
- 1% Betriebskosten für Versicherung, Zähler etc.
- 5,0 kWh Speicher für 8.500€
- Ersatz des Speichers nach 10 Jahren Laufzeit
- Konstanter Strompreis von 0,35€/kWh

# Förderprogramme

- Von Stadt zu Stadt unterschiedlich
- Beantragung entweder **vor** Auftragsvergabe oder **nach** Fertigstellung
- Frühzeitiges Informieren ist wichtig!



*Eine Übersicht über verschiedene Förderprogramme je nach Bundesland gibt es auf der SFV-Homepage:*

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

*Teilen Sie uns gerne mit, wenn Förderprogramme in Ihrer Stadt fehlen oder nicht mehr aktuell sind!*

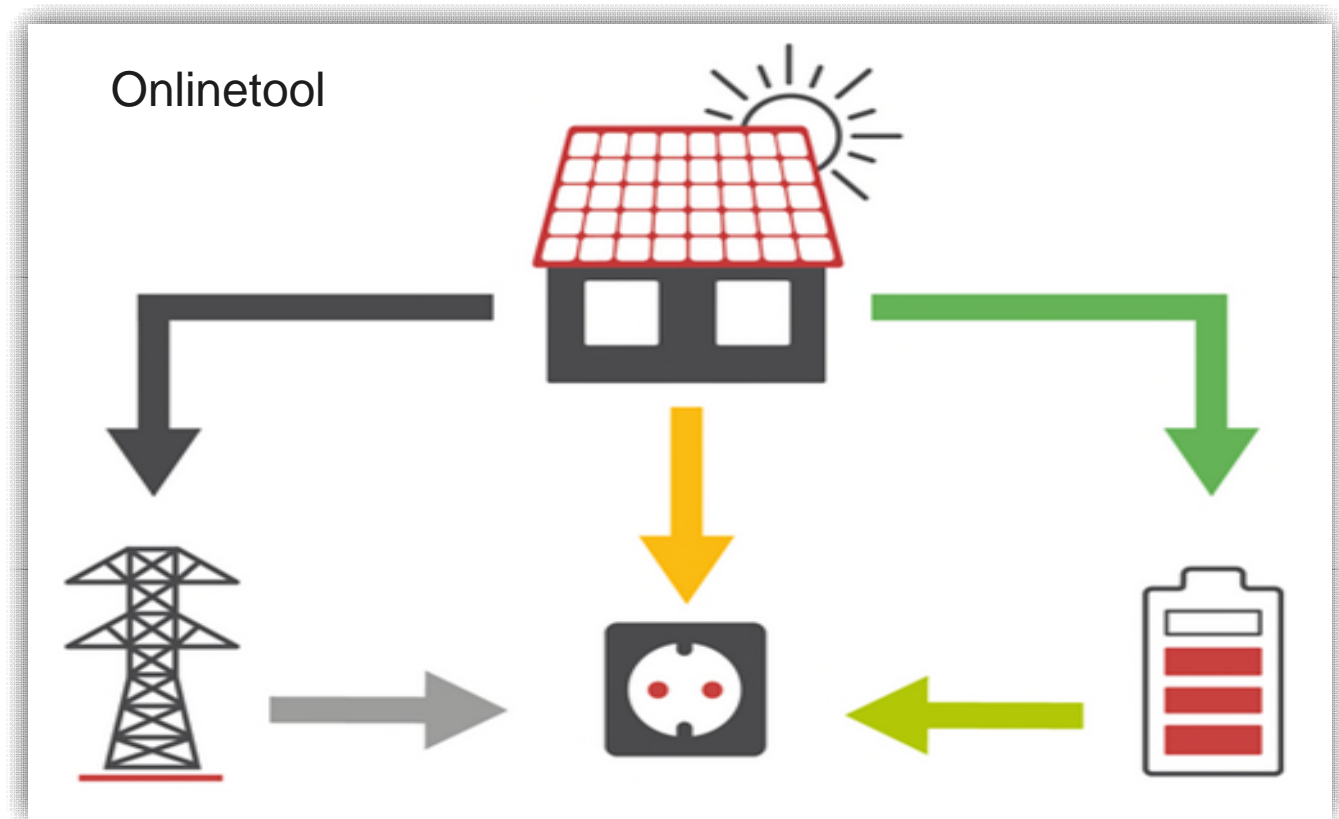


# Online-Tool zur Abschätzung des Eigenverbrauchs



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

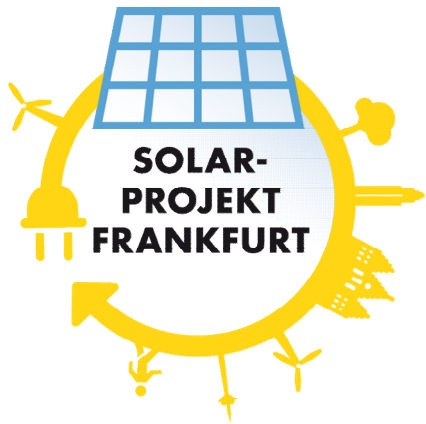
- in Abhängigkeit von
  - Jahresverbrauch
  - PV-Leistung
  - Batteriegröße
  - E-Fahrzeug
  - Fahrzeugnutzung



[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)

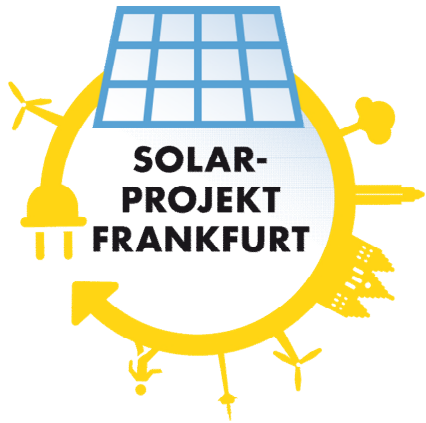


## *Informative Links:*

- <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 hohem 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>



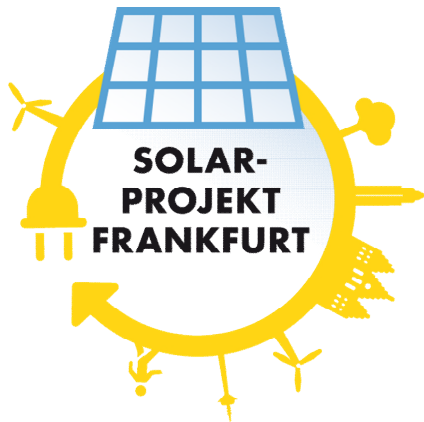
**Der SFV hilft weiter:**  
*Angebotsprüfung von  
bis zu 2 Angeboten  
Für Mitglieder kostenlos  
oder auf Rechnungsbasis*

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



# Anhang

Hier gibt es noch zusätzliche Folien für euren Vortrag



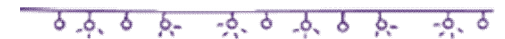
# Das „kleine Solaranlagen 1x1“ des SFV



- 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>



<https://tinyurl.com/3pmaude9>





<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Anmerkung</b>
Solarmodul	Erzeugt elektrische Energie (Gleichstrom)	
Solarzelle	Teil des Solarmoduls	
Wechselrichter	Wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um	
String	Gleichstromeingang des Wechselrichters 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) z.B. 5.000 kWh im Jahr	Gegenteil von Verbrauch: z.B. Lampe brennt eine Stunde: 20 Wh
Eigenverbrauch	Erzeugter PV-Strom, der im eigenen Haushalt verbraucht wird	
Einspeisung	Erzeugter PV-Strom, der ins öffentliche Netz 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

	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	88,4	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	43,8	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

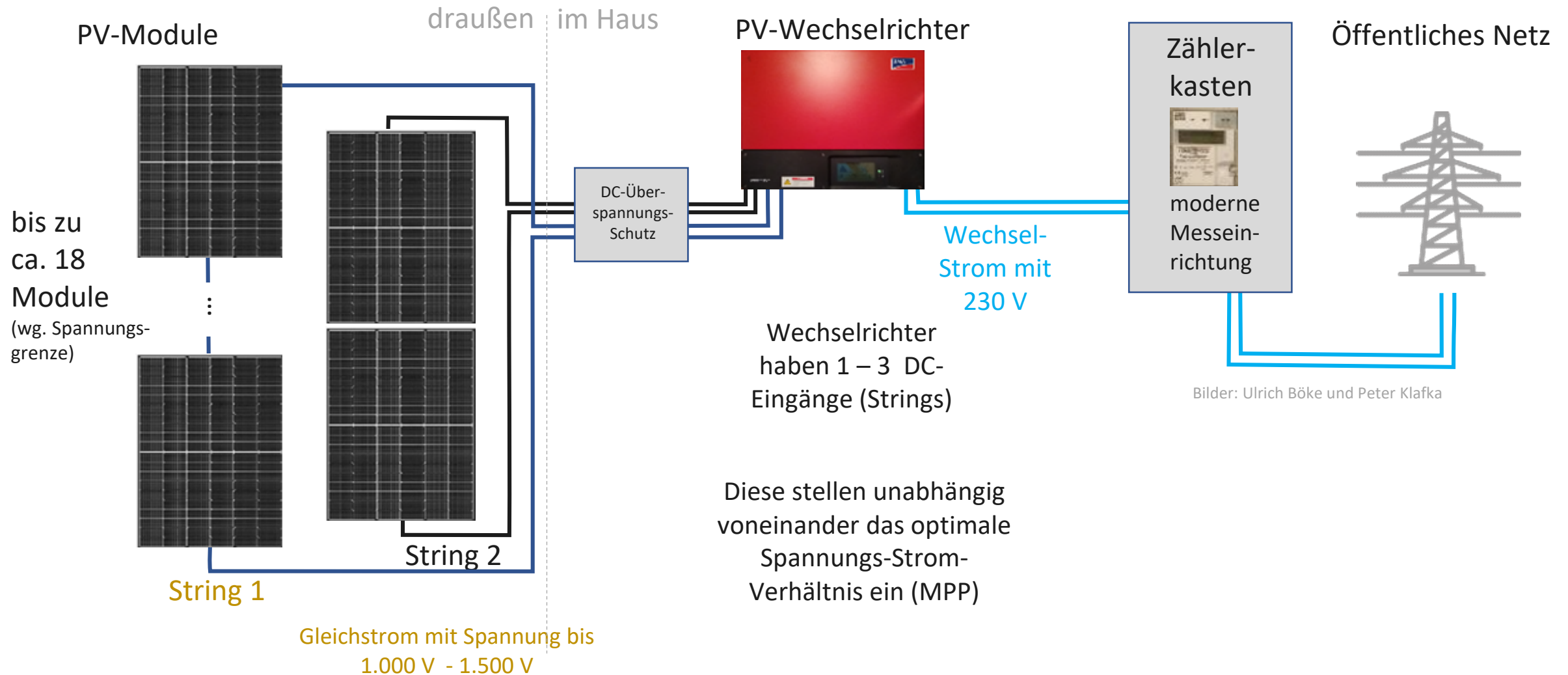
Aus: Konrad Mertens, Grundlagen der Photovoltaik



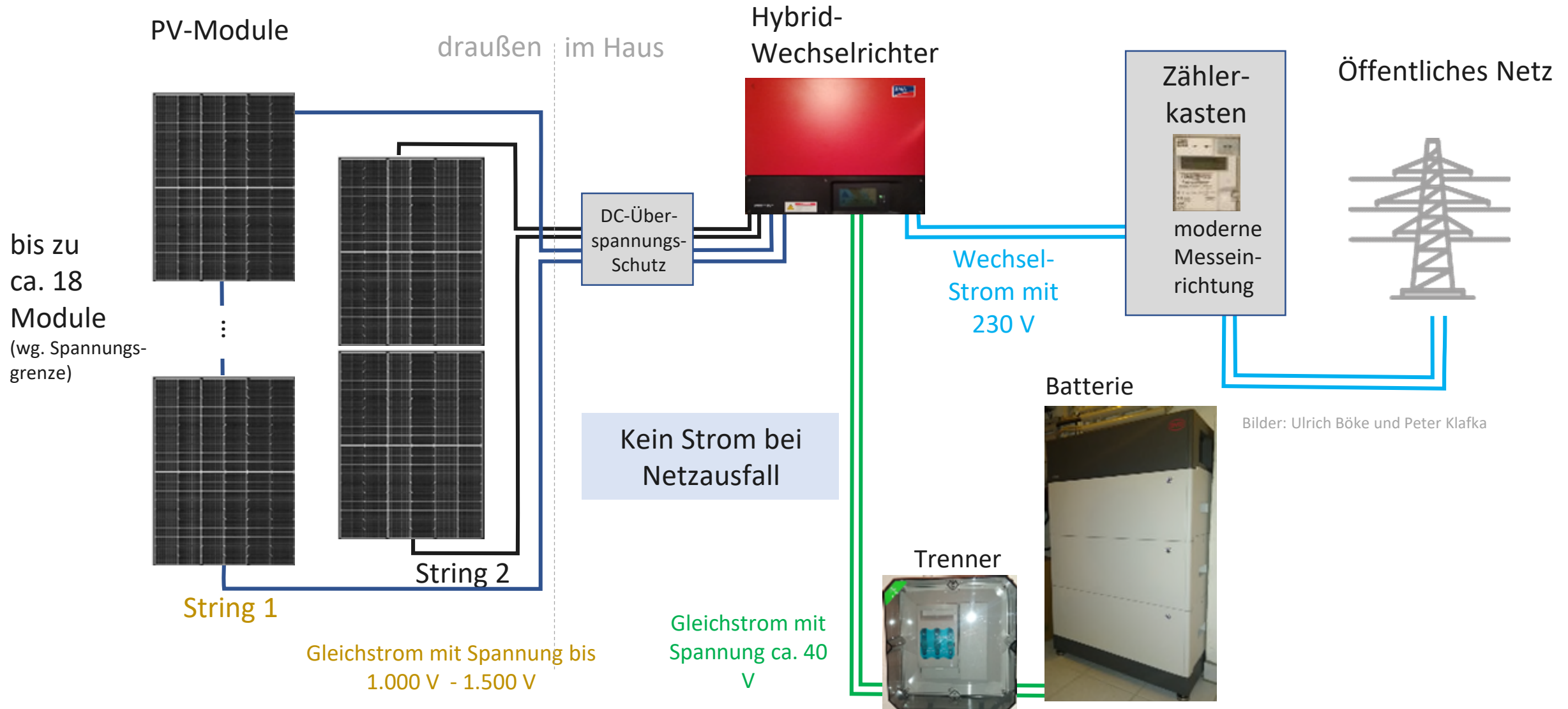
# Photovoltaik vs. Solarthermie

<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
	

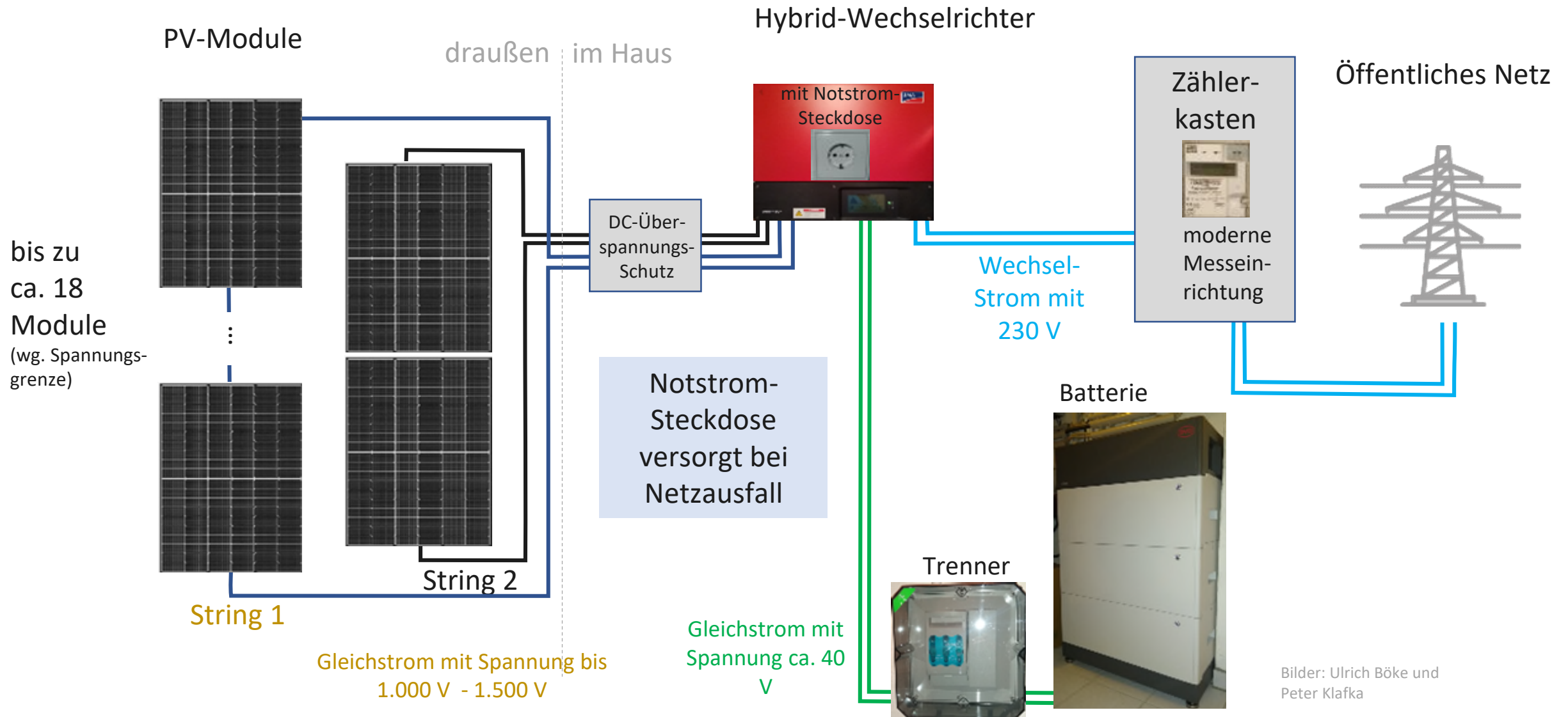
# Komponenten einer PV-Anlage



# Speicher mit Hybrid-Wechselrichter

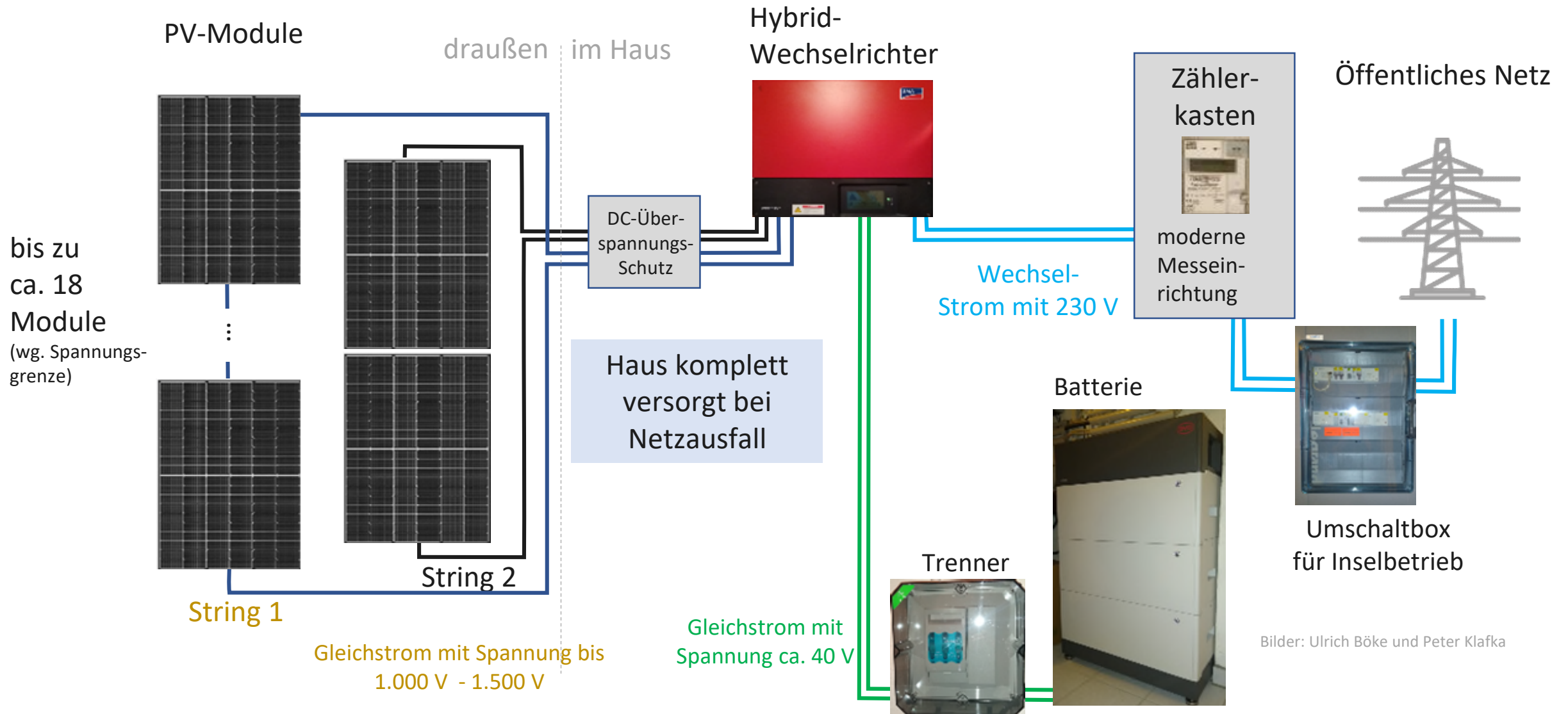


# Speicher mit Hybrid-Wechselrichter und Notstrom

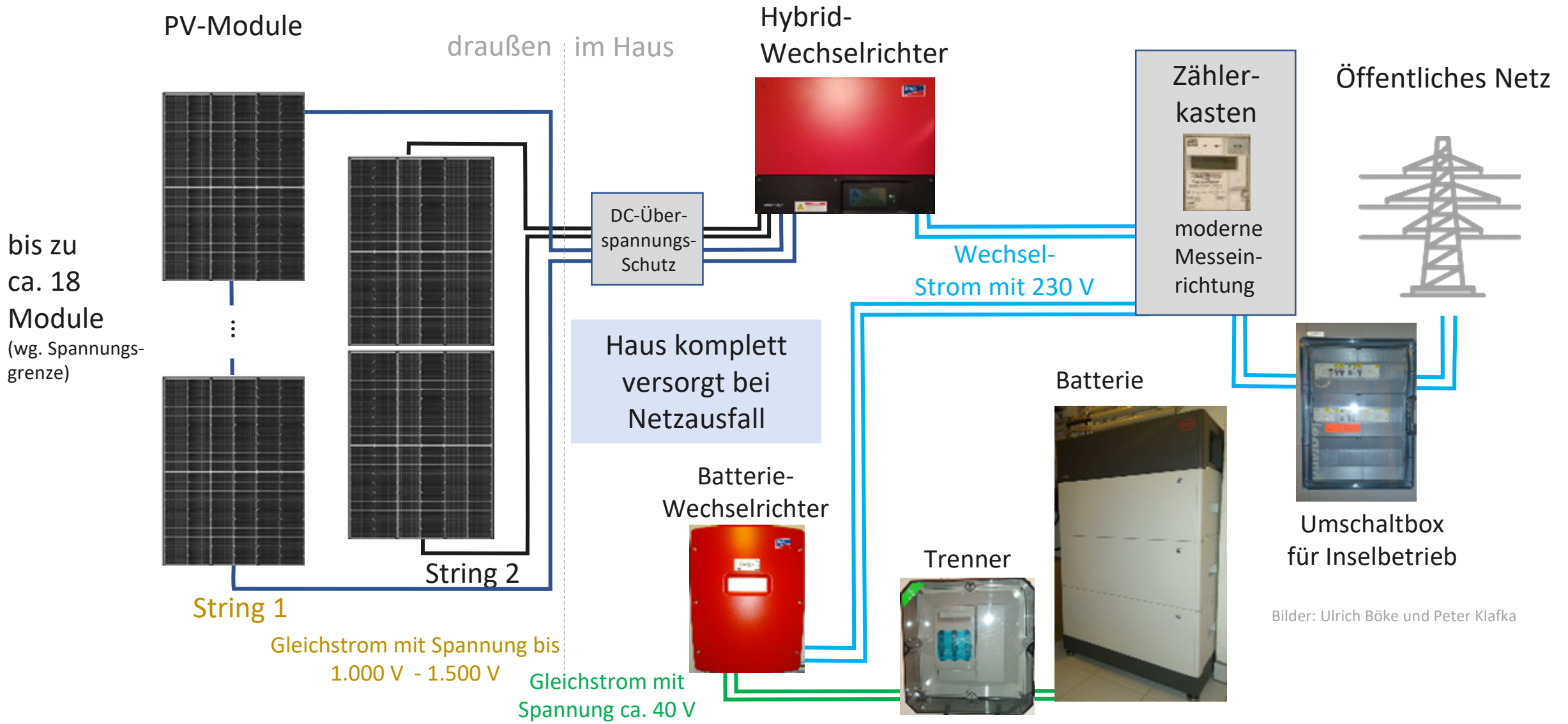


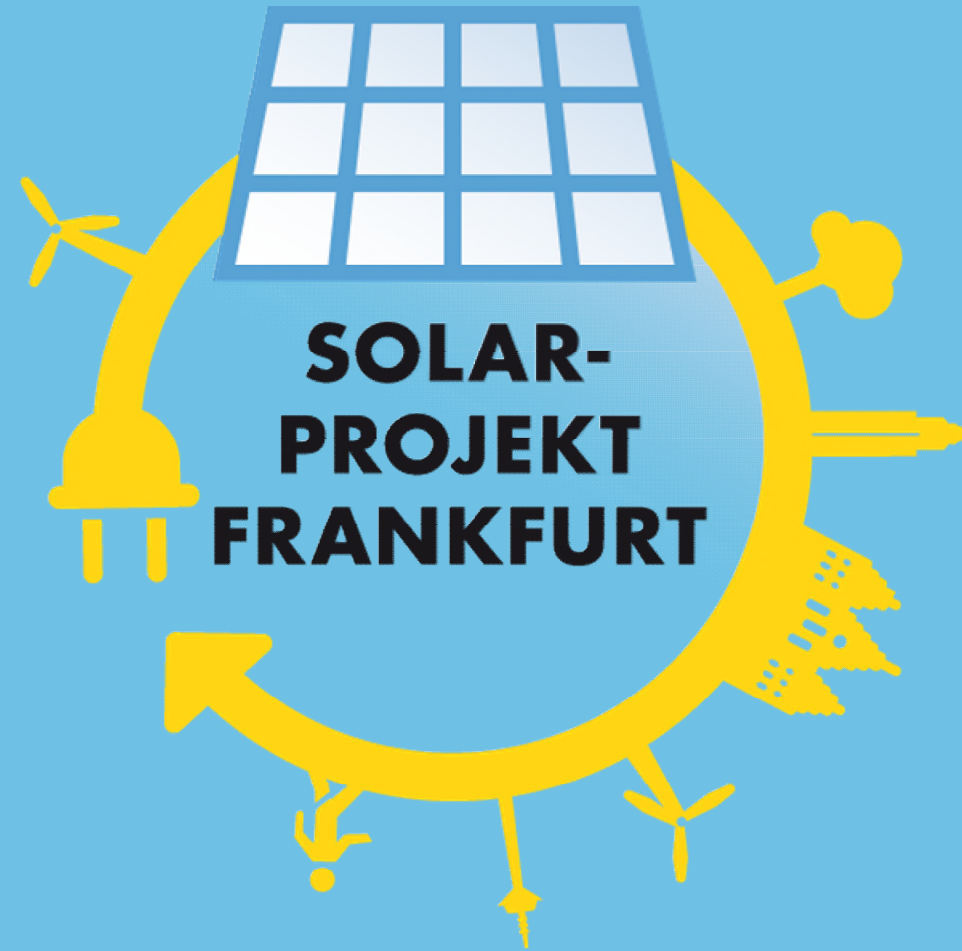


# Speicher mit Hybrid-Wechselrichter und Inselbetrieb

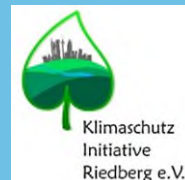


# Speicher mit separatem Batterie-Wechselrichter





## Kooperationsprojekt



## Gefördert durch

