



Informationen über Photovoltaikanlagen mit und ohne Batteriespeicher

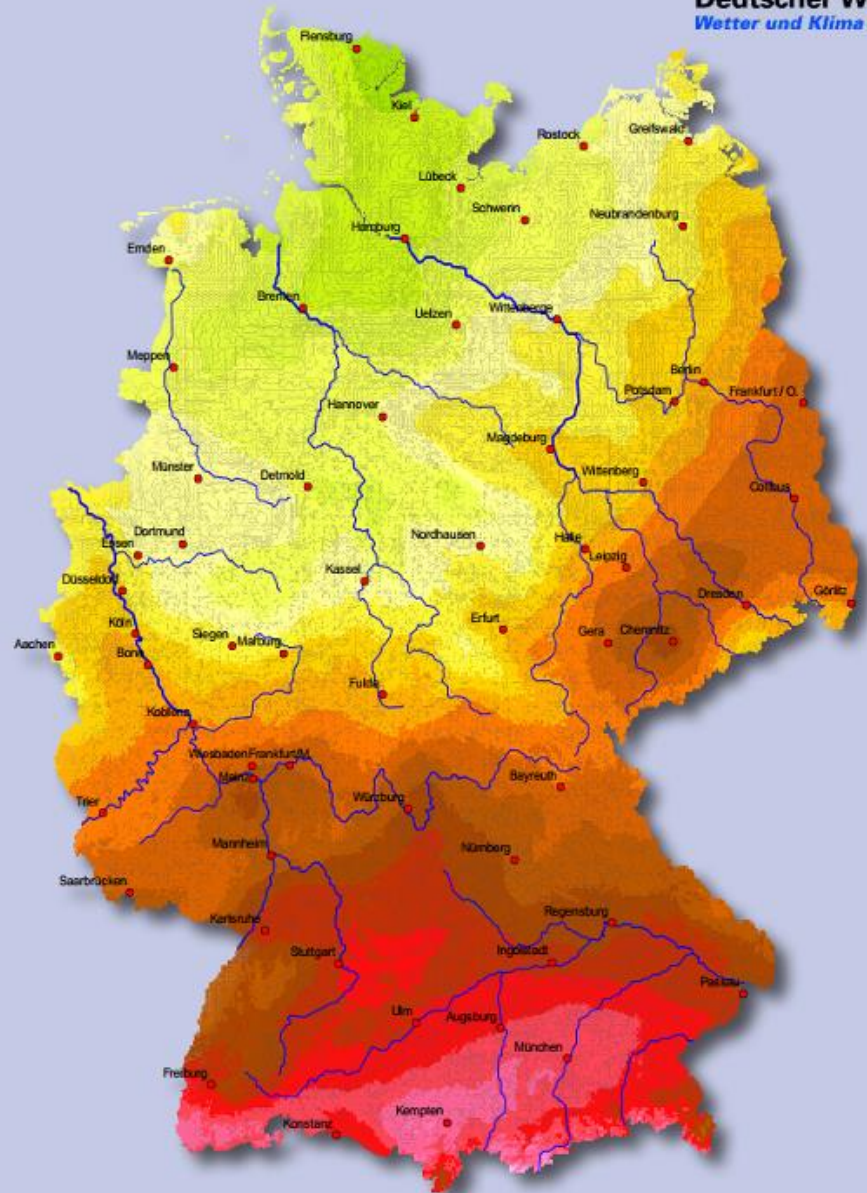
Technik
Wirtschaftlichkeit
Kosten – Ertrag
Rechtsfragen



Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland

Jahressummen 2011

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



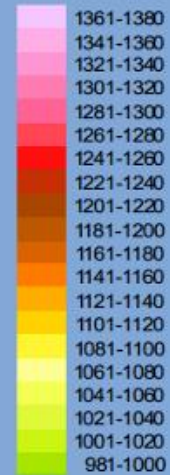
Statistische Werte:

Max. 1374 kWh/m²

Mittel 1134 kWh/m²

Min. 987 kWh/m²

Jahressumme
in kWh/m²



Regionales
Energieforum
Isny

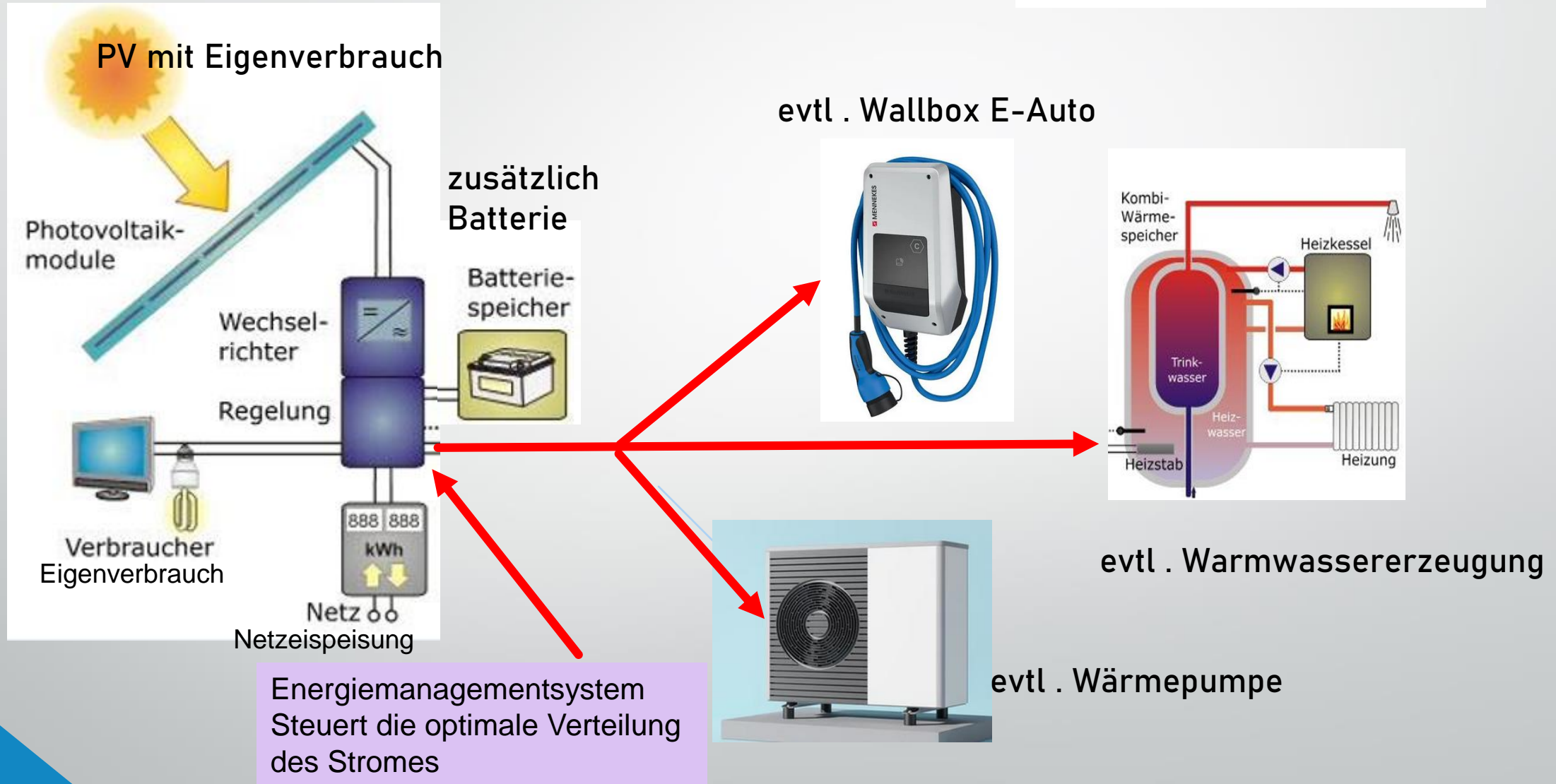


Bei uns im Allgäu strahlt die Sonne pro Jahr auf 1m² horizontale Fläche ca. 1200 ...1300 kWh Energie.

Die Solarmodule haben einen Wirkungsgrad von ca. 20...22%. Somit erhält man pro m² ca. 240280 kWh Strom pro Jahr

Ein Dreipersonenhaushalt verbraucht ca. 3500 kWh/a

Nutzung der Sonneneinstrahlung mit einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage)





Bestandteile einer Anlage



PV-Module



Wechselrichter



Optional
Batteriespeicher



Stromzähler
Zweirichtungszähler

Solarmodule Verschiedene Techniken

typ. Leistung 300...450W 1,70m x 1m, 20 kg

Vollzellen ↔ Halbzellenmodule



**Vollzellen
Solarmodul**
60 Zellen



**Halbzellen
Solarmodul**
120 Zellen

Besser bei
Teilverschattung

Glas-Folien Module = bisher Standard

Glas-Glas-Module

länger haltbar

z.B. Produktgarantie 25 Jahre

Leistungsgarantie 30 Jahre

Bifaciale Module

auch Licht auf Rückseite wirkt

evtl. höherer Ertrag



Beispiele für Module

Glas-Glas Glas-Folie

Vorderseite Glas

Glas
←

Rückseite

Folie
→

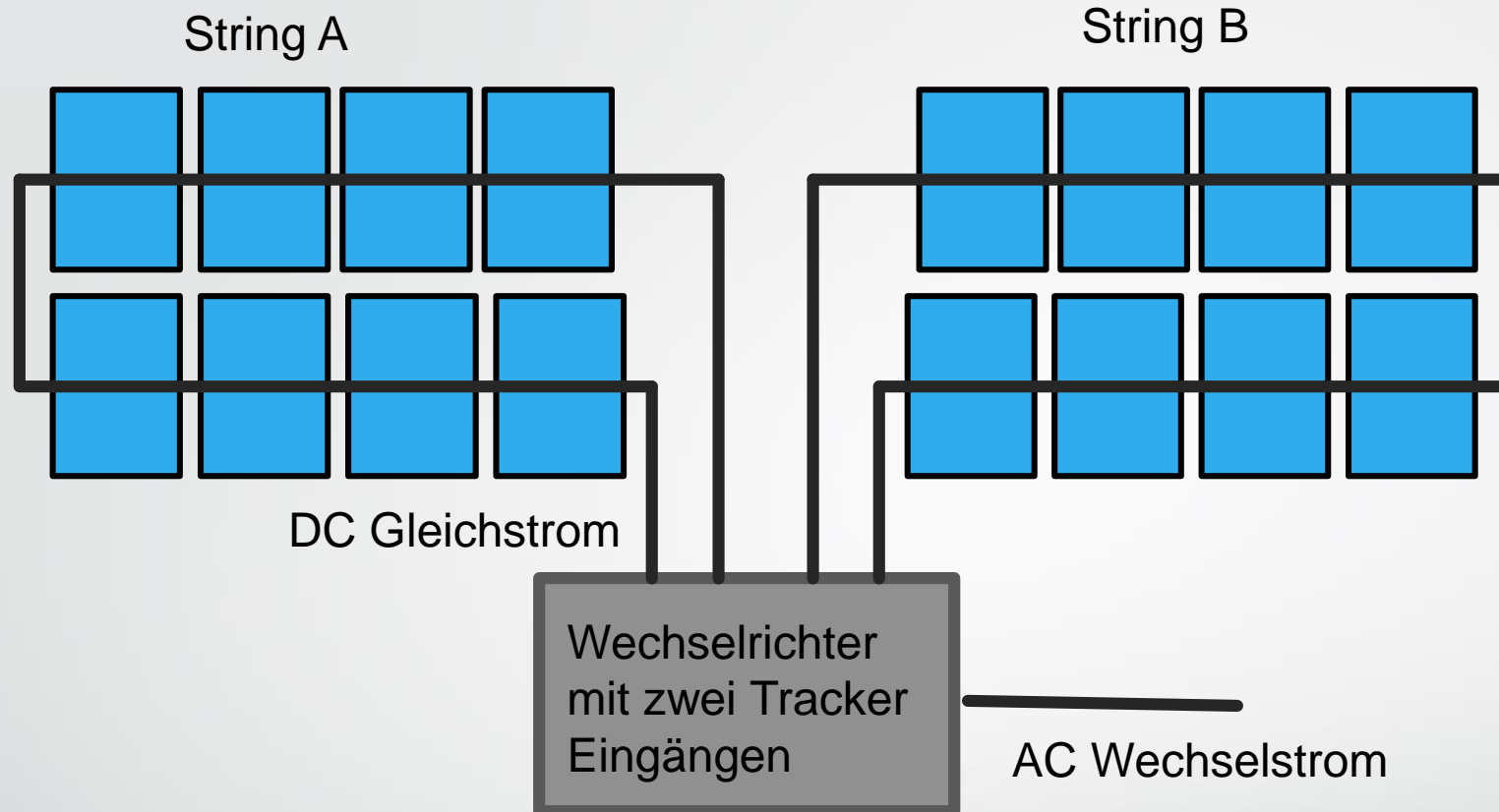


SolarWatt Glas-Glas Modul
Maße 1.78 x 1.05m), Gewicht 25 kg
Leistung 360W ...370 W
30 Jahre Produkt-Garantie
30 Jahre Leistungs-Garantie

WINAICO 430W
Maße: 1,722 x 1,134 x 0,30m Gewicht: 21.5 kg
Produktgarantie 12 Jahre
Leistungsgarantie: 25 Jahre

Die **Leistungsgarantie** verspricht dem Käufer, dass ein Produkt, wie ein Solarpanel, über einen festgelegten Zeitraum einen bestimmten Prozentsatz seiner Nennleistung beibehält. Beispielsweise garantieren viele Solarhersteller, dass ihre Module nach 25 Jahren noch 80 % ihrer Startleistung liefern.

Die **Produktgarantie** sichert gegen Herstellungsfehler und Materialmängel. Entdeckt der Käufer innerhalb der Garantiezeit einen solchen Fehler, repariert oder ersetzt der Hersteller das Produkt meist kostenfrei.



Mehrere Module sind zu **Strings** in Reihe geschaltet, um höhere Spannungen zu generieren.

Die Wechselrichter haben einen **MPP-Tracker (MPP Maximal Power Point)**.

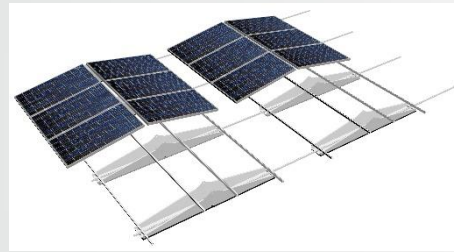
Er stellt am Modul Strom und Spannung so ein, dass die bei der gerade herrschenden Sonnenbestrahlung die **maximal mögliche elektrische Leistung** entnommen wird. Ändert sich die Bestrahlung (Wolke) folgt der Tracker entsprechend nach.

Hat der Wechselrichter mehrere MPP Eingänge können die Strings unterschiedlich groß und/oder unterschiedlich ausgerichtet werden. z.B Ost/West

Montage einer Solaranlage



Verschiedene Montagevarianten



Flachdach
ost-west



Flachdach



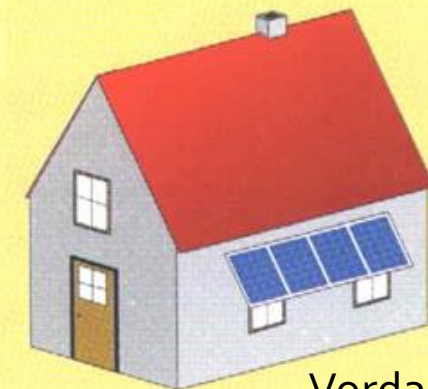
Hauswand



Aufdach



Indach

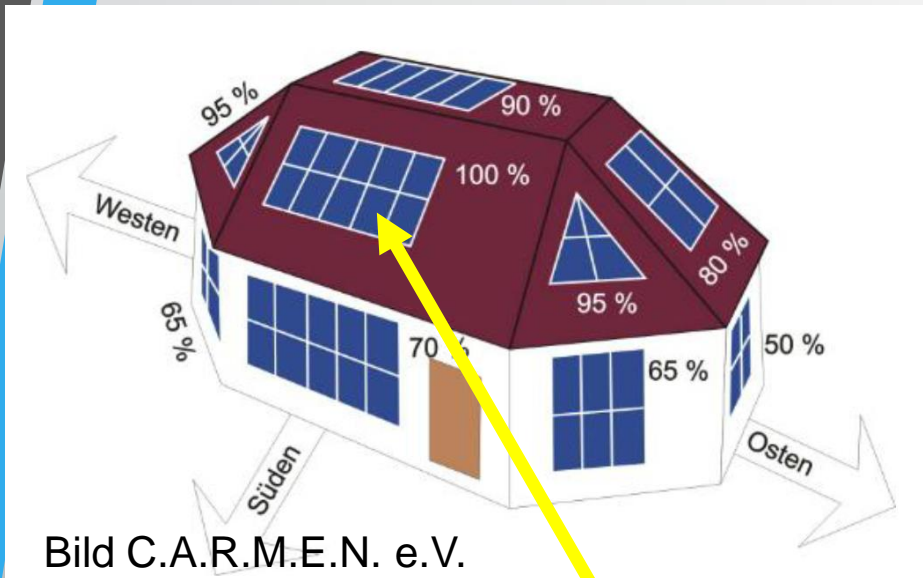


Vordach

Abhängigkeit des Jahresertrages von Dachneigung und Himmelsrichtung



Ertrag bezogen auf den Maximalertrag von **ca. 1000kWh/a pro kWp PV-Leistung**



Maximalertrag
Dachneigung 30...40 °
Südausrichtung

Dachneigung	Himmelsrichtung									
	Süd	SüdOst SüdWest								Ost West
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0°	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
10°	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%
20°	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%
30°	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%
40°	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%
50°	96%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%
60°	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%
70°	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	70%
80°	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%
90°	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%

Senkrechte Hauswand
nach Süden

Dachneigung 30°
Ost oder West



Bei Ost – oder Westausrichtung ist der Jahresertrag etwa 15...18% geringer als bei der Südausrichtung.

Aber es gibt Vorteile

PV-Ertrag beginnt früher am Morgen
oder dauert länger am Abend

Bei je 50% Ost- bzw. Westausrichtung
wird die Ertragszeit verlängert

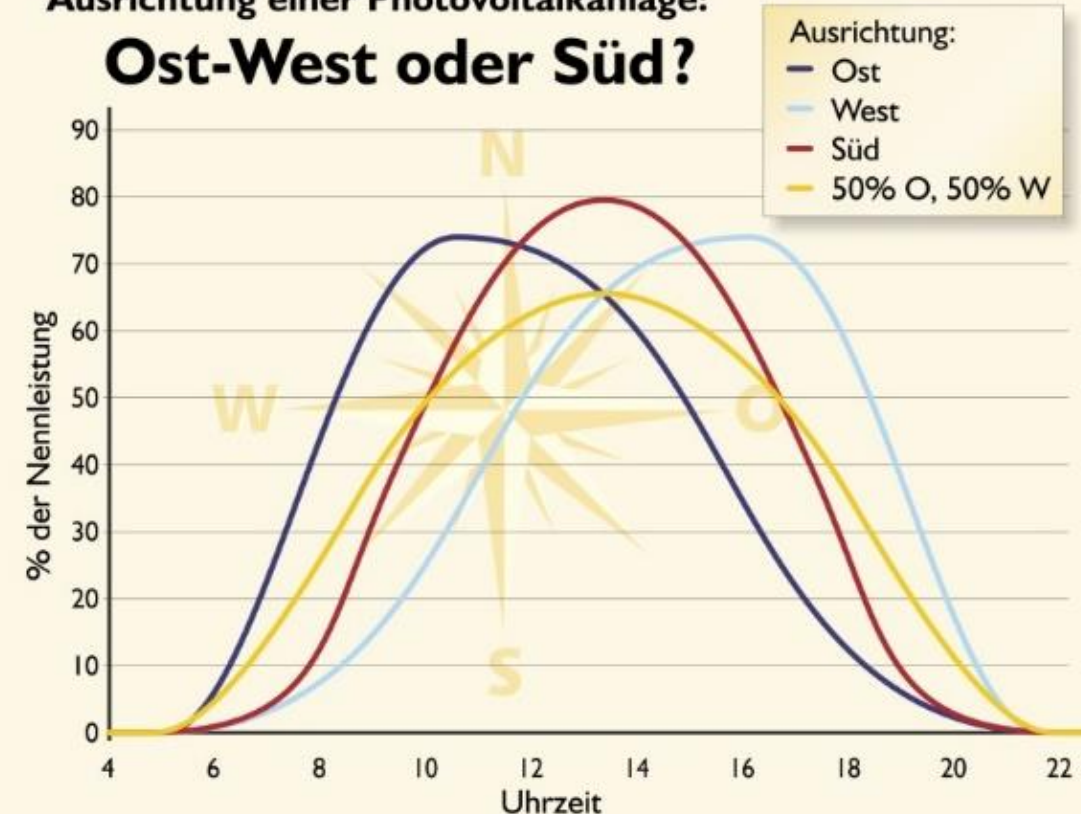
Ohne Speicher : Höherer Eigenverbrauch und
niedrigere Mittagsspitze (netzdienlich !)



Süden

Ausrichtung einer Photovoltaikanlage:

Ost-West oder Süd?



Vergleich von Photovoltaikanlagen unterschiedlicher Ausrichtung an einem Sonnentag (8. Juli 2013)

Quelle: Meteocontrol-Daten aus dem Anlagenpark der Sonneninitiative

Grafik: Sonneninitiative e.

Wirkung von Abschattung und Temperatur



- **Selbst geringe Teilabschattungen vermindern den Ertrag beträchtlich.**

Im Modul viele Zellen und bei der Anlage mehrere Module hintereinander geschaltet (String)



Beispiel eigene Messung am Modul

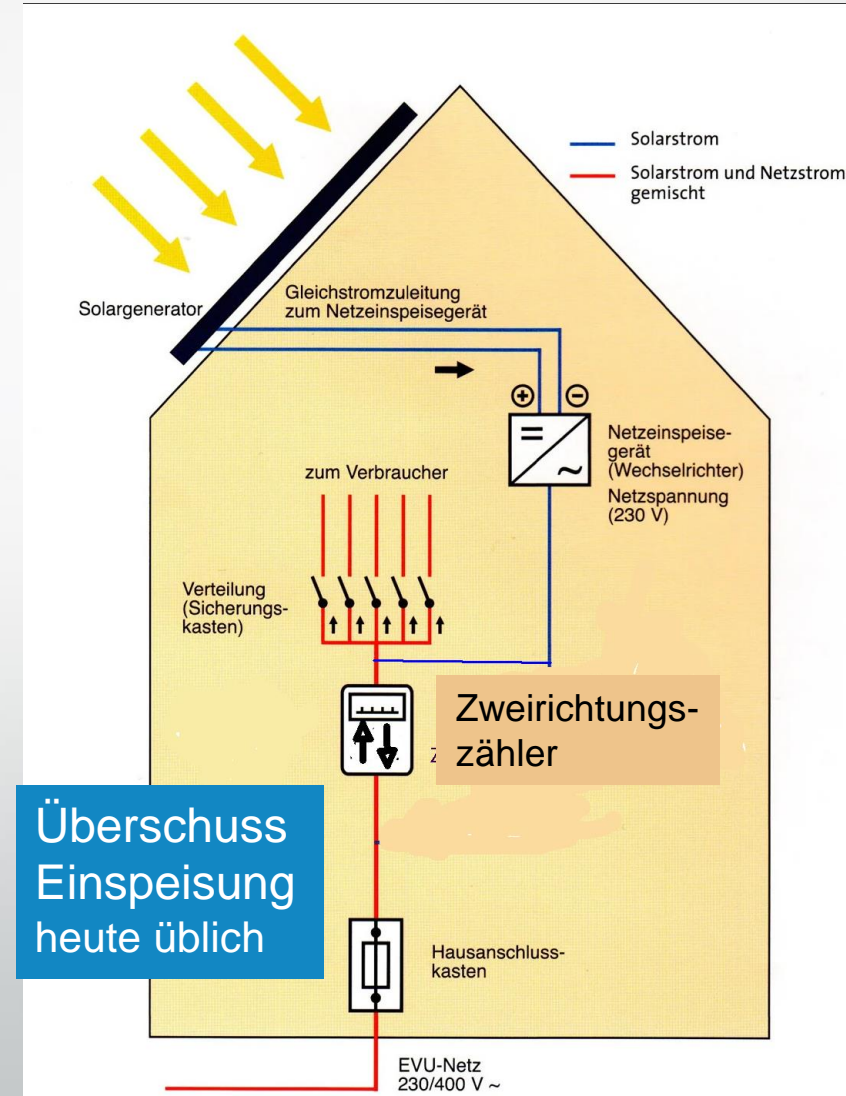
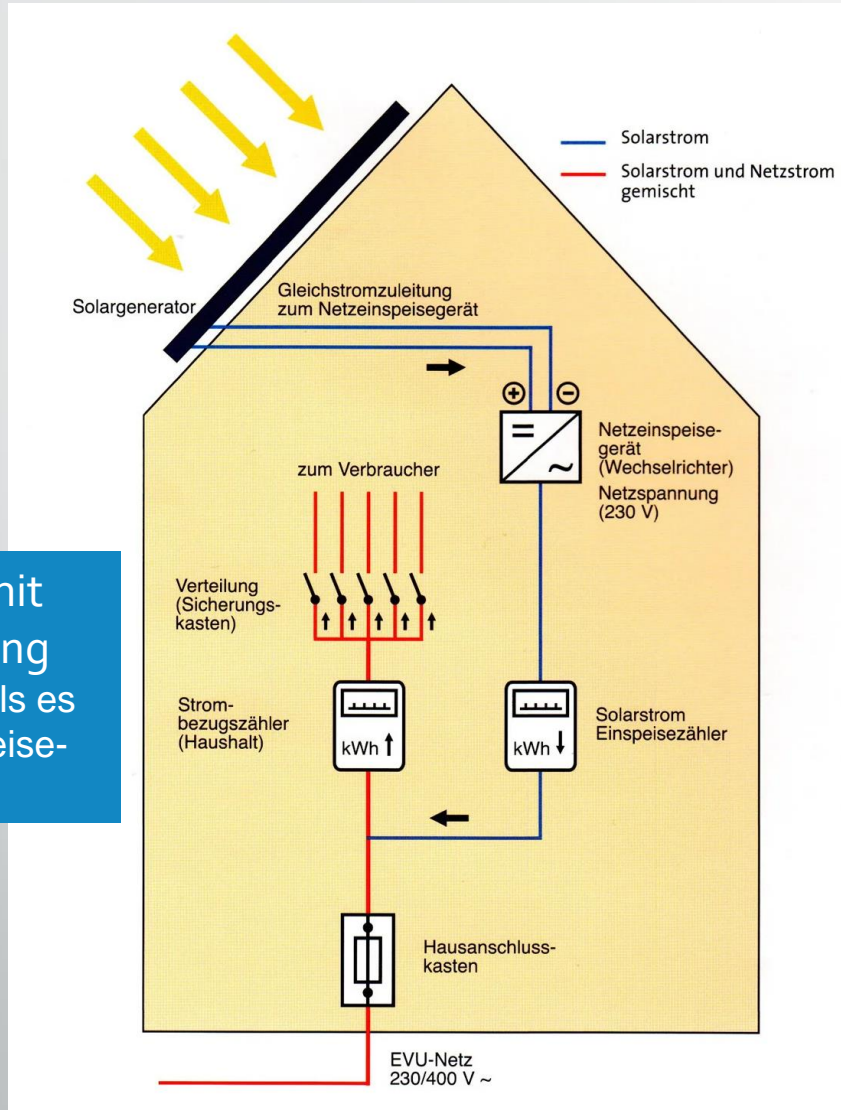


- **Die Leistung nimmt mit zunehmender Temperatur um ca. 0,4% pro °C ab.**
- **→ Gute Hinterlüftung ist vorteilhaft. Bei Indachaufbau beachten !**



Volleinspeisung ↔ Überschusseinspeisung

PV-Anlage mit
Volleinspeisung
War Standard als es
die hohe Einspeise-
vergütung gab



Überschuss
Einspeisung
heute üblich



Wie teuer ist die Solaranlage für ein Einfamilienhaus?

Anlagengröße	Kosten Photovoltaikanlage ohne Speicher	Modulfläche
5 kWp	10.500 € - 12.000 €	30 m ²
6 kWp	11.500 € - 13.000 €	36 m ²
7 kWp	12.500 € - 13.500 €	42 m ²
8 kWp	13.000 € - 14.500 €	48 m ²
9 kWp	13.500 € - 15.500 €	54 m ²
10 kWp	14.-500 € - 16.000 €	60 m ²
11 kWp	15.000 € - 17.000 €	66 m ²
12 kWp	16.000 € - 18.000 €	72 m ²

- ✓ **40 % für die Solarmodule**
Der Großteil der Kosten für eine Photovoltaikanlage entfallen auf die Solarmodule.
- ✓ **15 % für den Wechselrichter**
Der oder die Wechselrichter machen den kleinsten Teil der Investitionskosten aus.
- ✓ **25 % für die Montage- und Installation**
Montage und Installation machen den zweitgrößten Kostenblock bei PV-Anlagen aus.
- ✓ **20 % für weitere Solaranlageanteile**
Montagegestell für die Modulbefestigung, Kabel, Stecker oder Elektroteile belegen den 3. Platz.

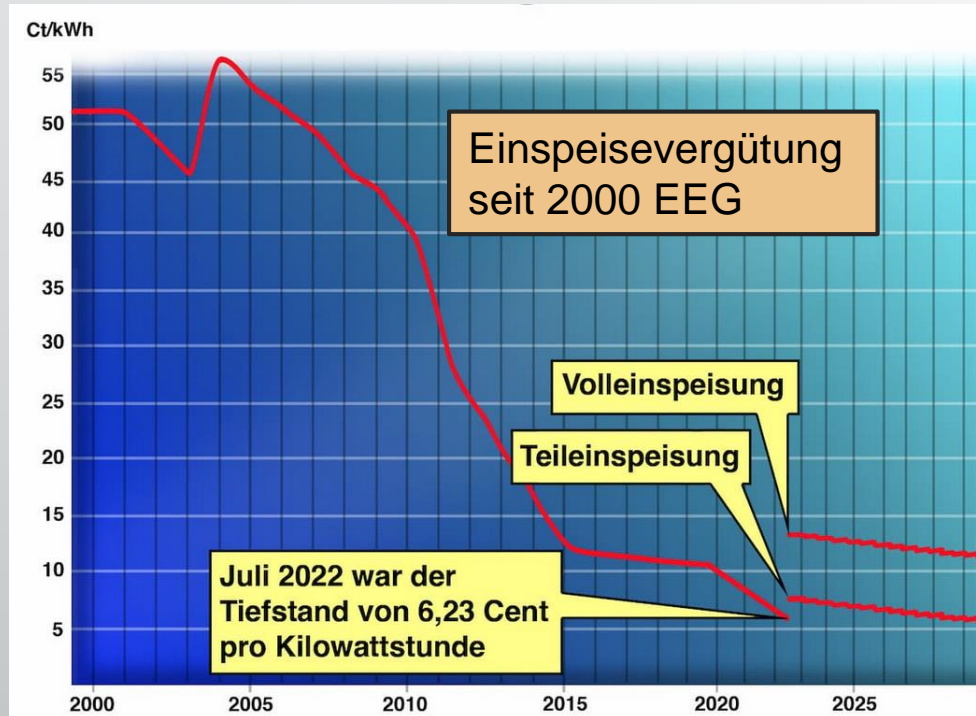
Quelle: Fa. ENERIX 2024

Preise sind derzeit deutlich geringer, viele Module auf Halde. **Handeln !!!!**



Vergütungssätze für PV-Strom

Seit 2022 Unterscheidung Volleinspeisung und Teileinspeisung



Einspeisevergütung aktuell

1.8.24 - 31.1.25	bis 10 kWp	> 10 bis 40 kWp	> 40 bis 100 kWp
Teileinspeisung	8,0	6,9	5,6
Volleinspeisung	12,8	10,7	10,7

Degression 1% alle 6 Monate

Vergütungssatz jeweils für 20 Jahre festgeschrieben

Bei mehr als 10 kW werden 10 kW mit 8,0 Cent/kWh und der Rest mit 6,9 Cent/kWh vergütet.

Man kann die Anlage splitten, ein Teil Voll- ein Teil Überschusseinspeisung



Netzeinspeisung mit Eigenstromnutzung (Überschusseinspeisung)

Für den in das Netz eingespeisten PV-Strom erhält man ab 1.8.2024 für Anlagen unter 10 kW eine **Einspeisevergütung von 8,0 Cent/ kWh für 20 Jahre fest.**

Für den aus dem Netz bezogenen Strom zahlt man derzeit ca. **35....40 Cent/kWh.**

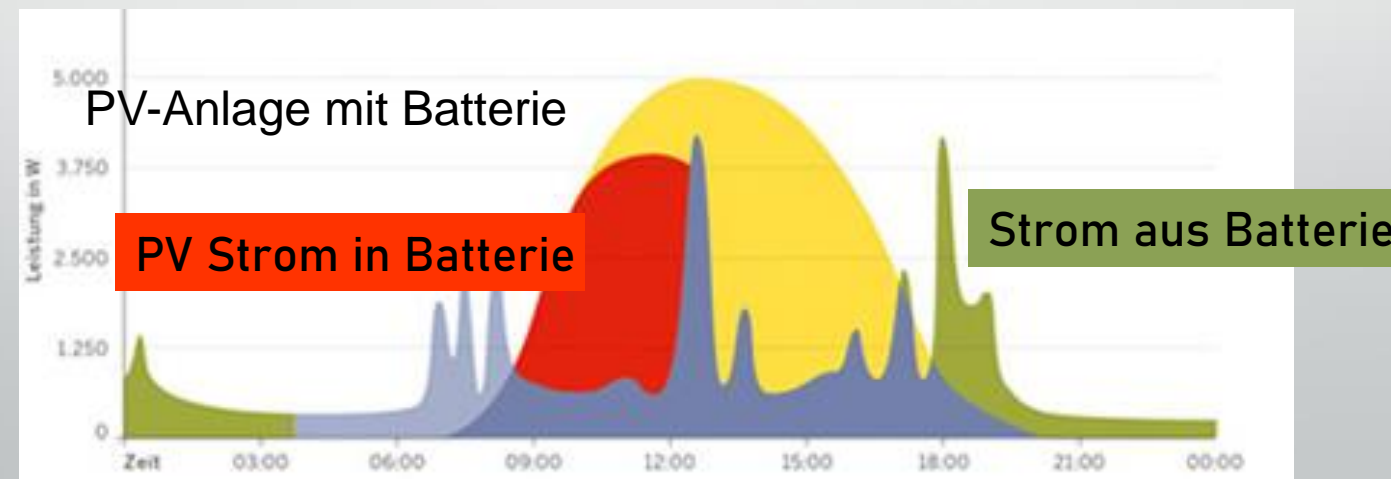
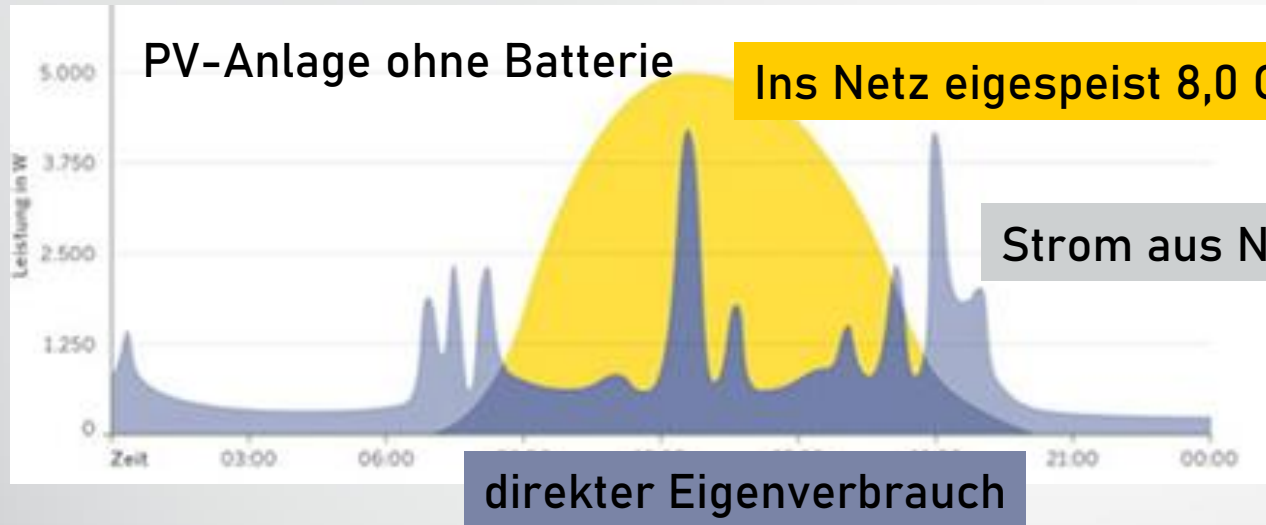


möglichst viel PV-Strom selbst verbrauchen!

Da PV-Stromerzeugung und Stromverbrauch meist nicht zeitgleich stattfinden, kann jedoch nur ein Teil des PV-Stromes selbst verbraucht werden.

Durch Verwendung eines Stromspeichers kann die Eigenverbrauchsrate erhöht und damit die Kostenersparnis optimiert werden.

Tagesverlauf Stromerzeugung, Speicherung und Verbrauch





Netzeinspeisung mit Eigenstromnutzung

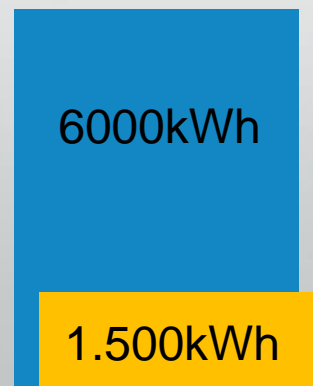
Eigenverbrauchsrate ← → Autarkiegrad

erklärt an einem Beispiel :

- Stromverbrauch 4.000 kWh
- PV-Stromerzeugung 6.000 kWh
- Davon 1.500 kWh selbst verbraucht, 4.500 kWh eingespeist

→ Eigenverbrauchsrate
 $1.500\text{kWh}/6000\text{kWh} = 25\%$

→ Autarkiegrad
 $1.500\text{kWh}/4000\text{kWh} = 38\%$





Netzeinspeisung mit Eigenstromnutzung

Die Eigenverbrauchsrate und der Autarkiegrad hängen ab von

- Stromverbrauch
- Größe, Qualität und Anordnung der PV-Anlage (Abschattung?)
- Größe der Speicherbatterie (kWh)
- Stromverbrauchsverhalten (Lastgang) Energiemanagement !!

Von mehreren Institutionen und Firmen gibt es Hilfsmittel um die Eigenverbrauchsrate und den Autarkiegrad mit und ohne Speicher abzuschätzen.



PV mit Speicher

Speicher sollte nicht zu groß (unwirtschaftlich) und nicht zu klein sein.

Es gibt unterschiedliche Richtwerte aus Erfahrung. Auswahl →

1. Der Stromspeicher sollte mindestens 60 Prozent des durchschnittlichen Tagesverbrauchs (24-Stunden) in Kilowattstunden groß sein.

Beispiel Jahresverbrauch 4000 kWh → Speichergröße $(4000\text{kWh} / 365) * 0,6 = 6,5 \text{ kWh}$

2. Speichergröße 1kWh pro 1000kWh Jahresstromverbrauch.

Beispiel Jahresstromverbrauch 4000kWh → Speicher 4kWh

3. Faustformel und Richtwert: Speicherkapazität = 1 kWh pro 1 kWp Anlagenleistung.

Beispiel 6kWp Anlage → 6 kWh Speicher .

Netzeinspeisung mit Eigenstromnutzung



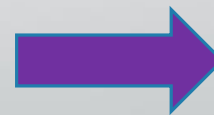
Konkretes Zahlenbeispiel:

- | | |
|---------------------------------------|-----------------|
| • Stromverbrauch im Haushalt | 4.000 kWh/Jahr |
| • 6 kWp PV-Anlage produziert | 6.000 kWh /Jahr |
| • Evtl. mit Batterie | 6kWh |
| • Volleinspeisung Einspeisevergütung | 12,8 Cent/ kWh |
| • Überschusseinspeisung | 8,0 Cent/kWh |
| • Stromkosten (wird jährlich steigen) | 40 Cent/ kWh |

Wie groß ist der Eigenverbrauch ohne und mit Speicher ?

Welcher finanzielle Ertrag ist zu erwarten?

Berechnungen mit Unabhängigkeitsrechner
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin



Netzeinspeisung mit Eigenstromnutzung



Unabhängigkeitsrechner
Hochschule für Technik und
Wirtschaft Berlin



<https://pvspeicher.htw-berlin.de/unabhaengigkeitsrechner/>

Unabhängigkeitsrechner

Jahresstromverbrauch ⓘ



4000 kWh

Photovoltaikleistung ⓘ



6,0 kW

Nutzbare Speicherkapazität ⓘ

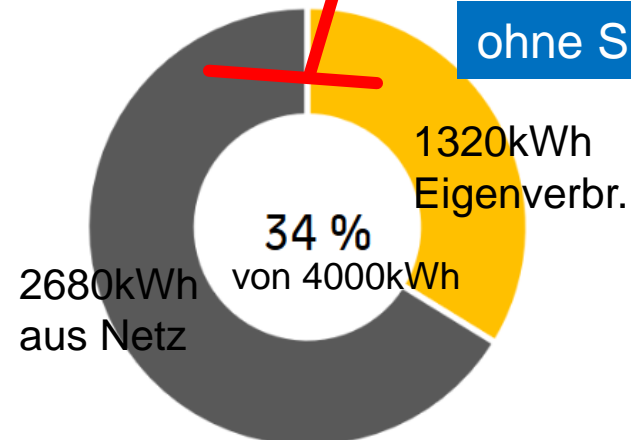


0,0 kWh

→ 6000kWh/a

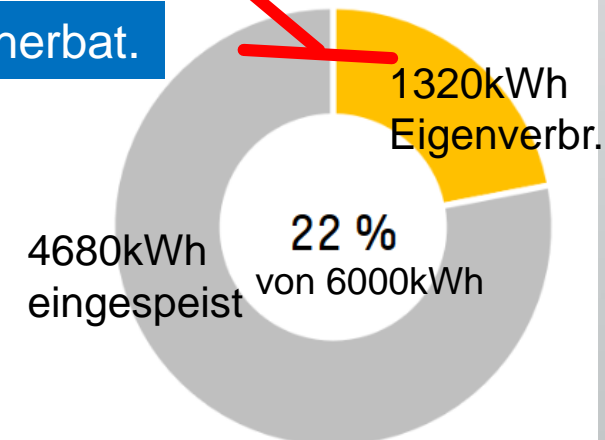


Autarkierad ⓘ



ohne Speicherbat.

Eigenverbrauchsanteil ⓘ



Netzeinspeisung mit Eigenstromnutzung



Mit Speicherbatterie erhöht sich der Eigenverbrauch und damit der Autarkiegrad

Unabhängigkeitsrechner

Jahresstromverbrauch ⓘ



4000 kWh

Photovoltaikleistung ⓘ

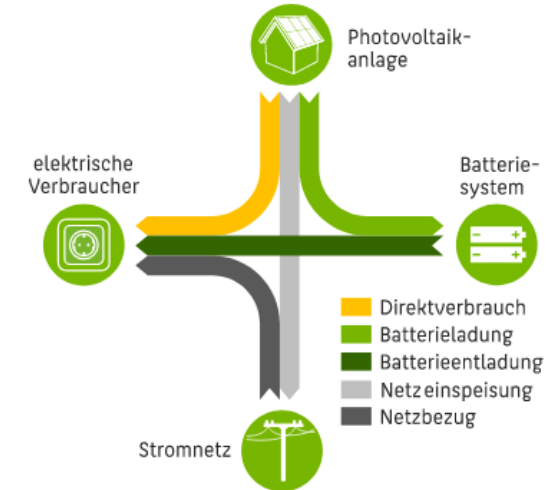


6,0 kW

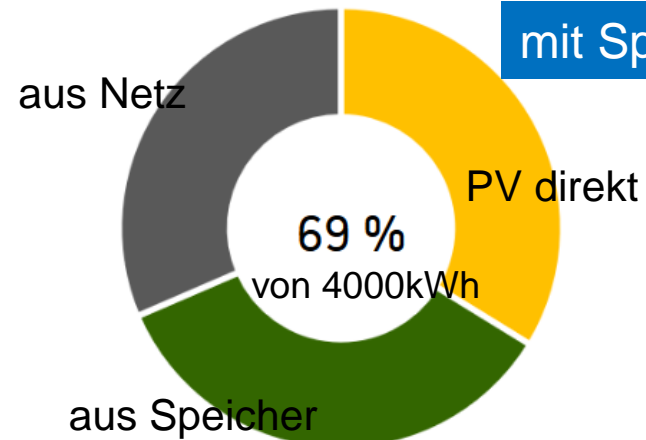
Nutzbare Speicherkapazität ⓘ



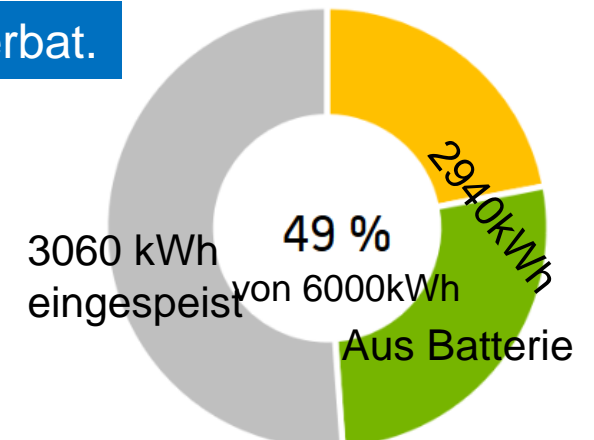
6,0 kWh



Autarkiegrad ⓘ



Eigenverbrauchsanteil ⓘ





Excel-Tabelle zur Ertragsberechnung bei Voll- und Überschusseinspeisung

Ertragsberechnung PV-Anlage			
		Stromkosten ohne PV 1.600,00 €	
Anlagengröße kW	6,00		
Jahresertrag 1000kWh/kWh	6000	Volleinspeisung Kosten/ Vergütung	
Stromverbrauch kWh	4000	Eigenverbrauchsrate	0%
		Eigenverbrauch kWh	0
Strompreis €/kWh	0,40 €	Eingespeist kWh	6000 - 768,00 €
Einspeisevergütung		Restbezug	4000 1.600,00 €
Volleinspeisung €/kWh	0,128 €	Jahreskosten	832,00 €
Überschusseinspeisung €/kWh	0,080 €	Gespart pro Jahr	768,00 €
Eigenverbrauchsrate			
für komplette Anlage	22%		
		Überschusseinspeisung Kosten/ Vergütung	
		Eigenverbrauchsrate	22%
Diese Zahlen können geändert werden		Eigenverbrauch kWh	1320
		Eingespeist kWh	4680 - 374,40 €
		Restbezug	2680 1.072,00 €
		Jahreskosten	697,60 €
		Gespart pro Jahr	902,40 €

Kostenübersicht jährlich

Beispiel von oben

Stromverbrauch 4000 kWh/a
 PV-Anlage 6 kW (6000kWh/a)
 Batterie 6 kWh

Einnahmen

Kosten

Ersparnis

Ohne PV	Netz 40 Cent/kWh	4000kWh	1600,00 €
PV mit Volleinspeisung 12,8 Cent/kWh	Eigenverbrauch	0 Wh	
	Eingespeist	6000 kWh	768,00 €
	Aus Netz	4000 kWh	1600,00 €
	Kosten		832,00 €
	Gespart	1600€ - 832 €	768,00 €
PV ohne Batterie mit Eigenverbrauch 22% 8 Cent/kWh	Eigenverbrauch	1320 kWh	
	Eingespeist	4680 kWh	374,40€
	Aus Netz	2680 kWh	1072,00 €
	Kosten		697,60 €
	Gespart	1600€ - 697,6€	902,40€
PV mit Batterie 6 kWh Eigenverbrauch 49% 8 Cent/kWh	Eigenverbrauch	2940 kWh	
	Eingespeist	3060 kWh	244,80€
	Aus Netz	1060 kWh	424,00 €
	Kosten		179,20 €
	Gespart	1600€ - 179,20 €	1420,80 €

Kostenübersicht



6kW PV Volleinspeisung

Kosten PV-Anlage	Gespart pro Jahr	Gespart in 20 Jahren
12.000€	768,00 €	15.360 €

6kW PV ohne Batterie Überschusseinspeisung

Kosten PV-Anlage	Gespart pro Jahr	Gespart in 20 Jahren
12.000€	902,40€	18.048 €

6kW PV + 6kWh Batterie

Kosten PV + Batterie	Gespart pro Jahr	Gespart in 20 Jahren
12.000€ + 6.000€	1420,80 €	28.412 €

Nicht berücksichtigt:

evtl. Zinsen auf Kredit, Reparaturen, Versicherung, Stromkostensteigerung,
Anlage hält länger als 20 Jahre



PV-Anlage mit Batterie (Speicher) zur Erhöhung des Eigenverbrauches

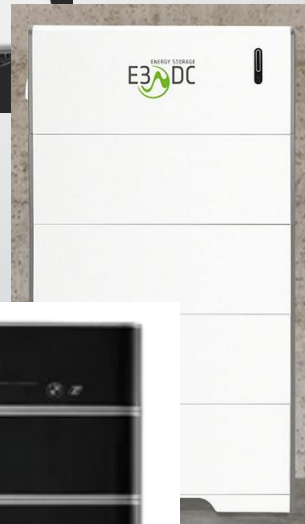
Die wichtigsten Batteriearten sind

- Lithiumionenbatterie Li-NMC (Lithium-Nickel-Mangan-Cobalt)
- Lithium-Eisenphosphat LFP (Li-FePO₄)
- In Zukunft Na-Ionen ?? (billiger !!)

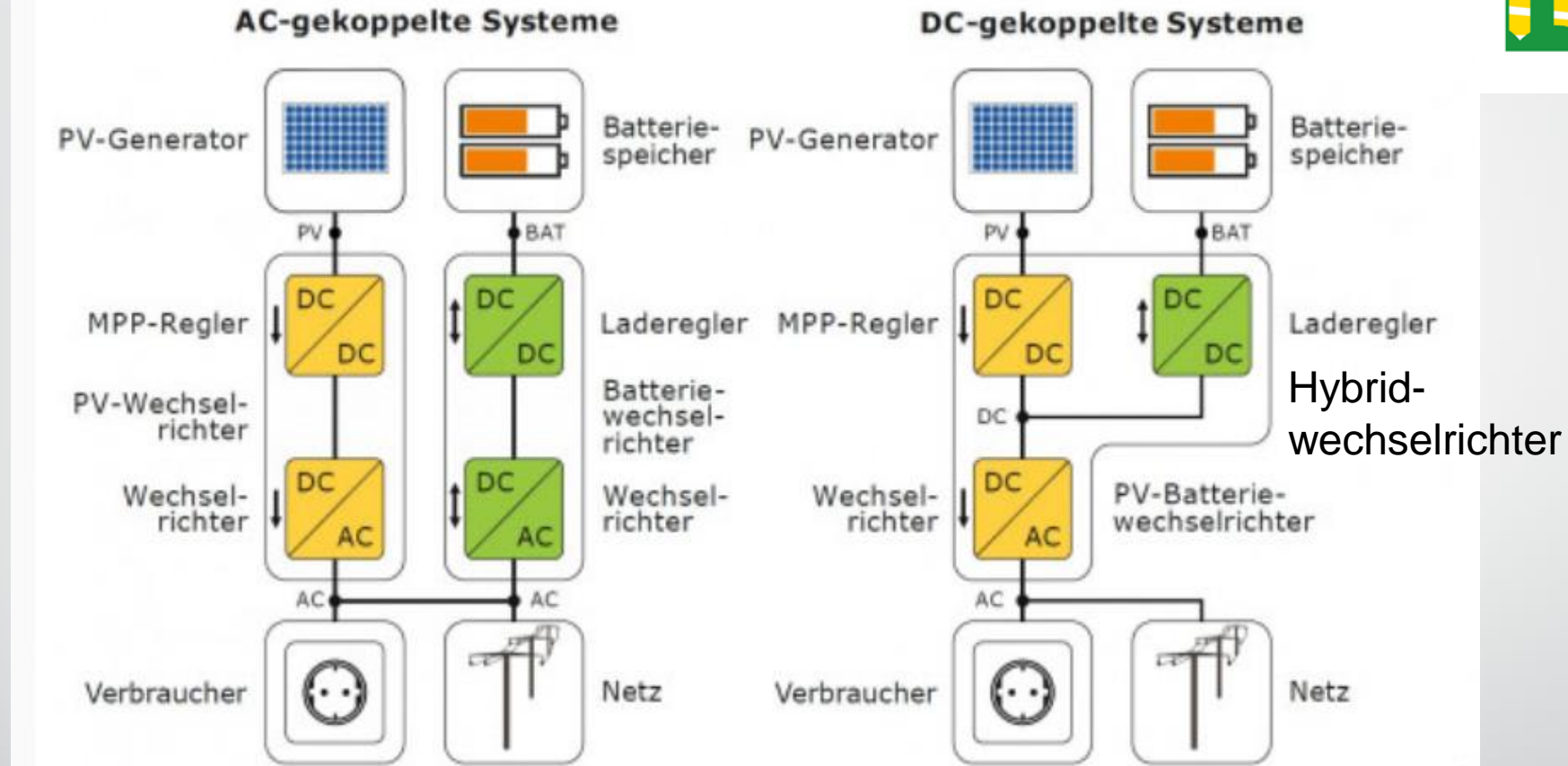
Das sind im Prinzip die gleichen Akkus wie bei E-Mobilität

- Bleiakkus sind überholt (Wirkungsgrad, Lebensdauer zu gering)

Kosten Batteriespeicher ca. 1000€ pro kWh mit sinkender Tendenz



Systemkonzepte zur Speicherung von Solarstrom



Vorteil

Kann bei bestehendem System leicht nachgerüstet werden.

Nachteil

Mehrfache Wandlung → Verluste
 DC → AC → DC → AC

Vorteil

Geringere Wandlungsverluste

Nachteil

Spezieller Wechselrichter bei Neuanlagen



Lebensdauer eines Solarakkus

Zykluslebensdauer (Wie oft lässt sich ein Akku auf- und entladen?)

Ein Voll-Ladezyklus bedeutet, dass ein voll aufgeladener Akku vollständig bis zur maximal zulässigen Entladetiefe entladen und wieder aufgeladen wird.

- Li-Ionen Akku, die Hersteller geben 4.000 bis 7.000 Voll-Ladezyklen an

Kalendarische Lebensdauer (Wieviel Kapazität verliert der Akku aufgrund reiner Alterungseffekte?).

- Lithium-Ionen-Akku etwa 20 Jahre.

Man rechnet für ein gut ausgelegtes System (PV-Leistung, Akkugröße, Stromverbrauch) mit 200 bis 250 Vollzyklen pro Jahr. **Das bedeutet, dass der Li-Ion Akku die 20 Jahre Lebensdauer der PV-Anlage übersteht.** Quelle E3DC



E-Autobatterie als PV-Stromspeicher

bidirektionales Laden von E-Autos ist teilweise realisiert, in naher Zukunft Standard ??

- Vehicle to Home V2H
- Vehicle to Grid V2G

Größe Solar-Akku typisch 5...6 kWh

E-Auto-Akku typisch 50...60 kWh

Tagesstromverbrauch typ. 10 kWh

Wallbox und E-Auto muss
bidirektional arbeiten können





Der Energiemanager einer PV-Anlage

HEMS = Home Energie Management System

Ein Energiemanagementsystem besteht aus der Mess- und Steuereinheit selbst, die im Zählerkasten installiert oder über LAN bzw. WLAN integriert wird, sowie einem “Zugang” zur Überwachung und Steuerung. Letzterer wird über ein Onlineportal im Browser oder über eine App per Smartphone bzw. Tablet bereitgestellt.



- erfasst Daten zu den Energieflüssen im Haushalt
- Optimierung und Visualisierung des Energieverbrauchs.
- Vernetzung der PV-Anlage mit Stromspeicher, E-Auto und weiteren Verbrauchern.
- intelligente Verteilung des Solarstroms



Wechselrichter

- Netzwechselrichter einphasig, dreiphasig
- Batteriewechselrichter
- Hybridwechselrichter
- mit Notstromfähigkeit

Gängige Hersteller

- SMA
- KACO Newenergy
- Fronius
- Steca
- Solar Edge
- KOSTAL





Anforderungen an Wechselrichter

- Markenprodukt anbieten lassen, hier gibt es deutsche Hersteller
- Der WR muss an die PV-Anlage angepasst sein (Spannungs- und Strombereich)
- Hoher Wirkungsgrad (Ziel >97%)
- Mehrere MPP-Tracker für unterschiedlich ausgerichtete Strings
- Herstellergarantie mind. 5 Jahre mit optionaler Garantieverlängerung
- Servicegarantie vom Hersteller
- Energiemanagement EMS integriert ?
- Evtl. Notstromfunktion bei Netzausfall

Die Wechselrichter haben keine so lange Lebensdauer wie die Solarmodule. Hier ist mit Austausch oder Ersatz während der 20 Jahre zu rechnen

Energiemanagementsystem: Extern oder im WR

Das EMS passt die Verbräuche von Batteriespeicher, Elektroauto und Wärmepumpe automatisch an die Stromerzeugung Ihrer PV-Anlage an. Dadurch wird der Eigenverbrauch optimiert. Berücksichtigung von Wetterprognosen !!



Infos zur Planung einer Photovoltaikanlage

- Festlegung der Dachfläche (Süd- auch Ost-Westdächer sind geeignet)
- Pro 1 kWp werden ca. **5 - 7 m² Dachfläche** benötigt (Module ca. 1,70m*1m)
- Verschattung vermeiden! (Schornstein, Bäume, Sträucher...)
- Dachstatik überprüfen lassen (Eigengewicht der PV-Anlage + Wind- und Schneelasten)
- Dacharbeiten vor Installation der PV-Anlage durchführen
- Einholung von mehreren Angeboten (Preisvergleich!)
- Antrag zum Netzanschluss beim zuständigen Netzversorger stellen.

Anlagen bis 30 kW installierter Leistung können kurzfristig an das Netz angeschlossen werden, wenn sich der Netzbetreiber innerhalb eines Monats nach Stellung des Netzanschlussbegehrens nicht zurückmeldet.

- In BW sind PV-Anlagen baurechtlich genehmigungsfrei. Ausnahmen bei Gebäuden unter Denkmalschutz oder historisches Ensemble.

Versicherungen



- **Bestandteil der Wohngebäudeversicherung**

Kleine Photovoltaik-Anlagen auf dem eigenen Hausdach können preisgünstig in die bestehende Gebäudeversicherungen integriert werden. Damit lassen sich Schäden durch Hagel, Feuer, Sturm und Blitzschlag abdecken.

- **Photovoltaik-Versicherung evtl. in Kombination mit Gebäudeversicherung**

Wasser und Frost, Sturm und Hagel

Elementargefahren wie **Schneedruck !!**

Brand, Blitzschlag und Überspannung durch Blitz

Bedienungsfehler, grobe Fahrlässigkeit, Kurzschluss

Tierbisse, Diebstahl, Ertragsausfall

- **Haftpflichtversicherung**

Für Schäden, die durch eine Photovoltaik-Anlage an Dritten entstehen könnten, sogenannte Fremdschäden. Auch wenn solche Schäden selten vorkommen, sollte man hier auf Nummer sicher gehen. Ein Beispiel: ein Solarmodul rutscht vom Dach und verletzt dabei einen Passanten oder Nachbarn.





Steuerliche Aspekte Umsatzsteuer, Ertragsteuer



Befreiung von der Ertragsteuer

PV-Anlagen $\leq 30\text{kWp}$ auf dem privaten Einfamilienhaus sind von der Ertragssteuer befreit. Alle Einnahmen aus dem Stromverkauf an den Energieversorger und die wirtschaftlichen Vorteile aus dem Eigenverbrauch müssen nicht mehr bei der Einkommenssteuer angegeben und versteuert werden.

Keine Umsatzsteuer auf Photovoltaikanlagen

Photovoltaikanlagen werden mit 0% Umsatzsteuer, also zum Nettopreis, angeschafft. Wie bei der sog. Kleinunternehmerregelung bekommt man keine Umsatzsteuer für den verkauften Strom und zahlt keine Umsatzsteuer für Ausgaben (Anschaffung, Unterhaltung, Reparaturen).



Danke für die Aufmerksamkeit

Diesen Vortrag und weitere Informationen
finden Sie auf der
REFI Homepage www.energieforum-isny.de

Kontakt: info@energieforum-isny.de