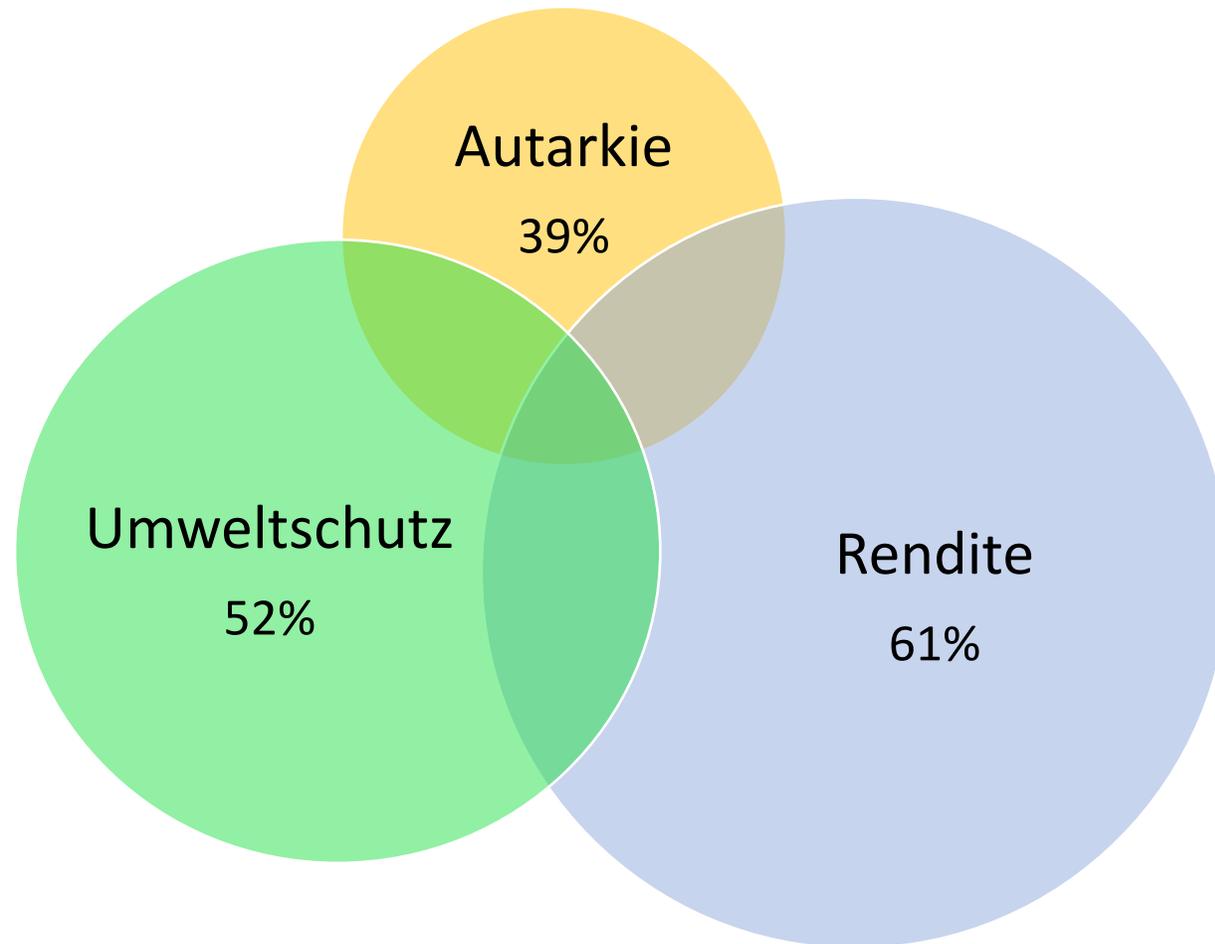




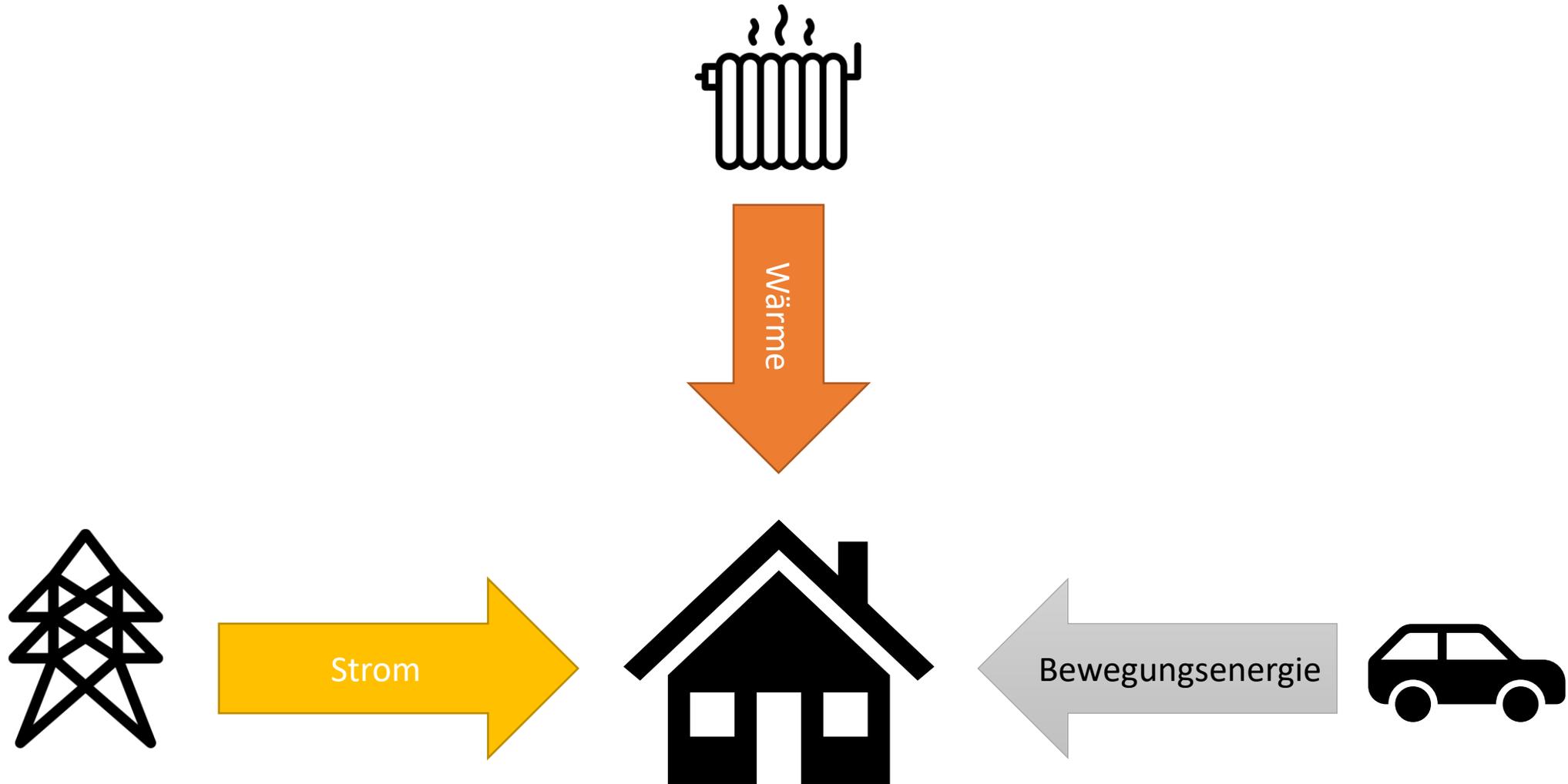
# Photovoltaikanlagen verstehen

Klarheit zwischen Mythen und Möglichkeiten

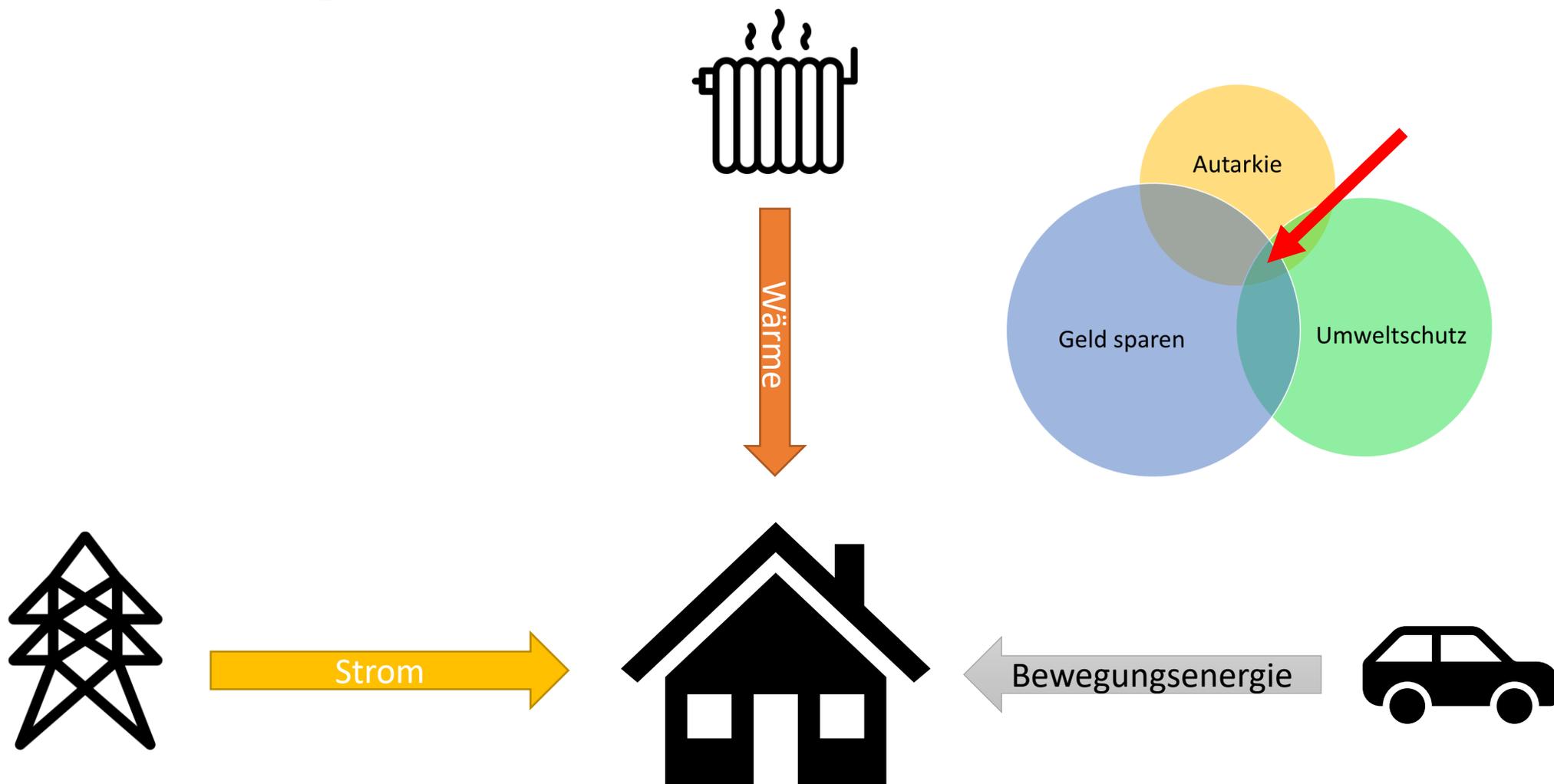
# Was erwarte ich von meiner PV-Anlage?



# Die „Energiebrille“

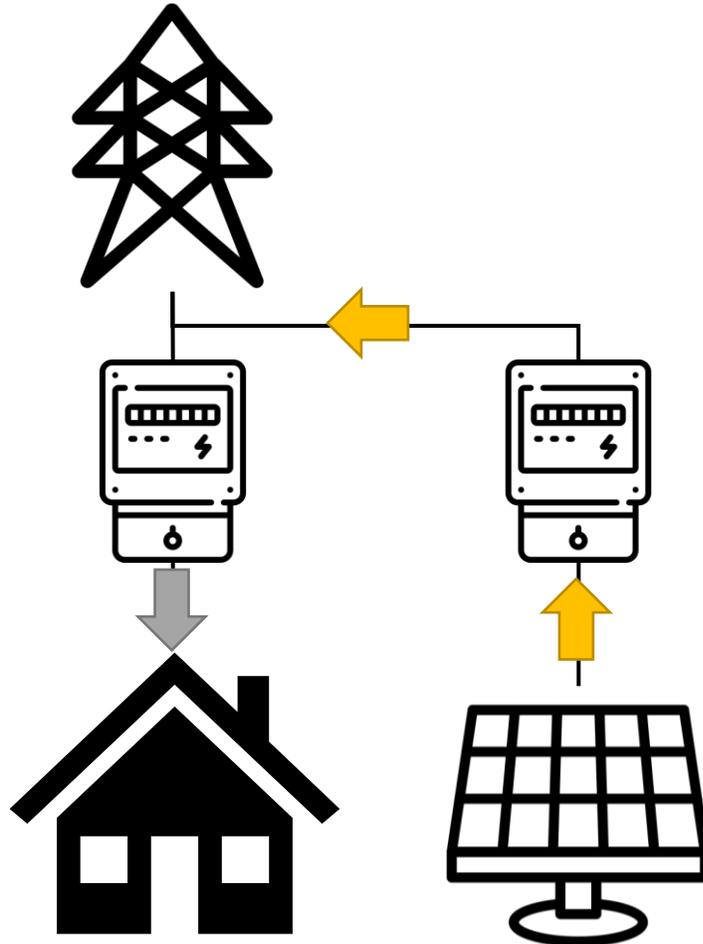


# Die „Energiebrille“

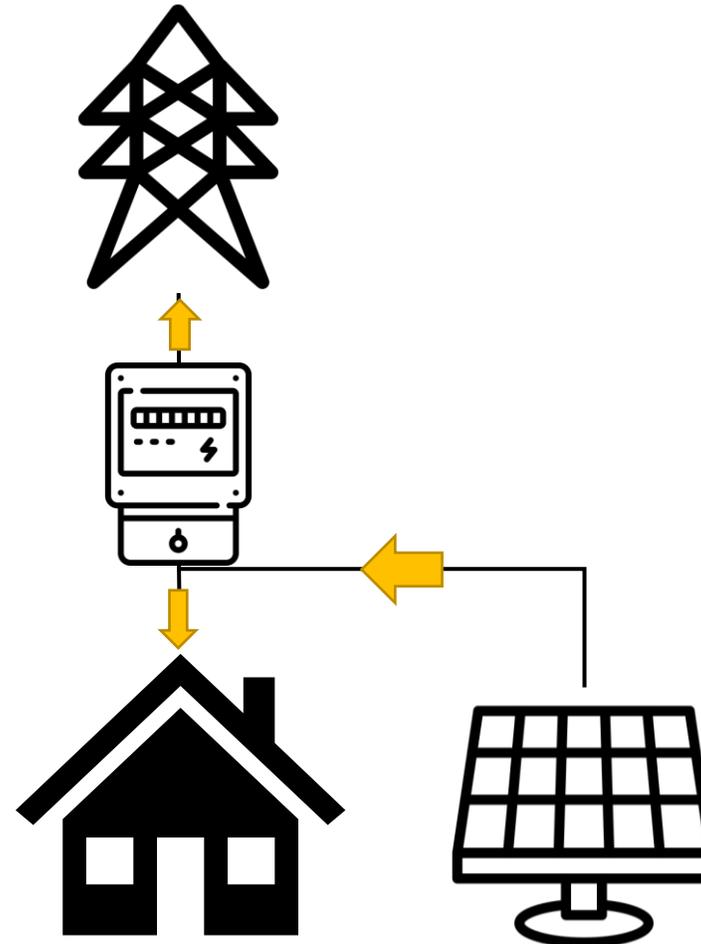


# PV-Strom nutzen

Volleinspeisung (PV-Strom „fließt ins Netz“)

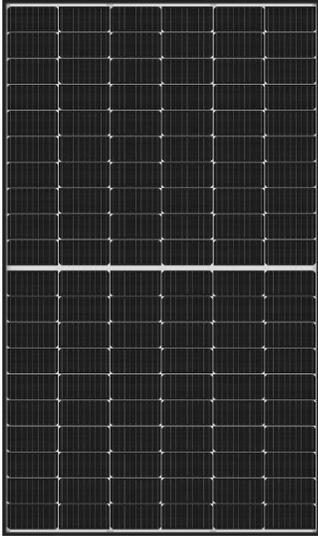


Teileinspeisung (Nur Überschuss „fließt ins Netz“)



# Begriffsklärung

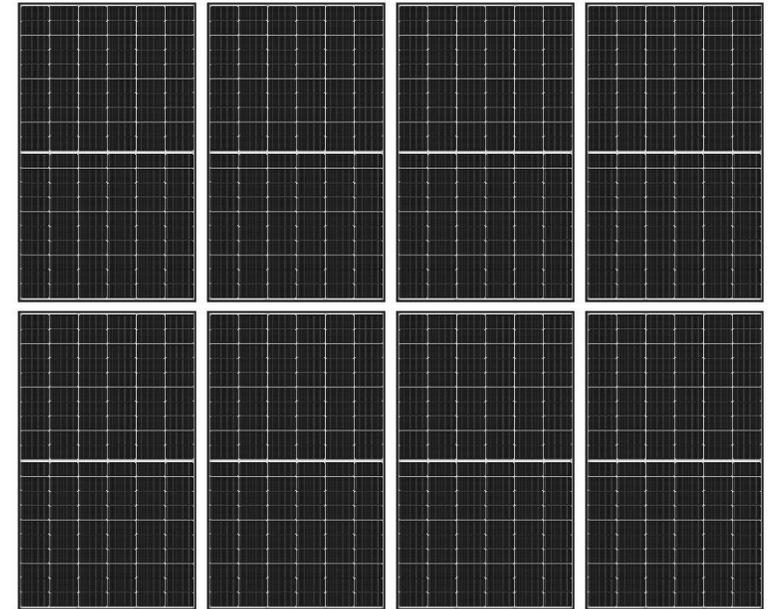
- $\text{kW}_{\text{peak}} - \text{W}_{\text{peak}}$



400 Wp

Leistung bei Standard Test Conditions (STC)

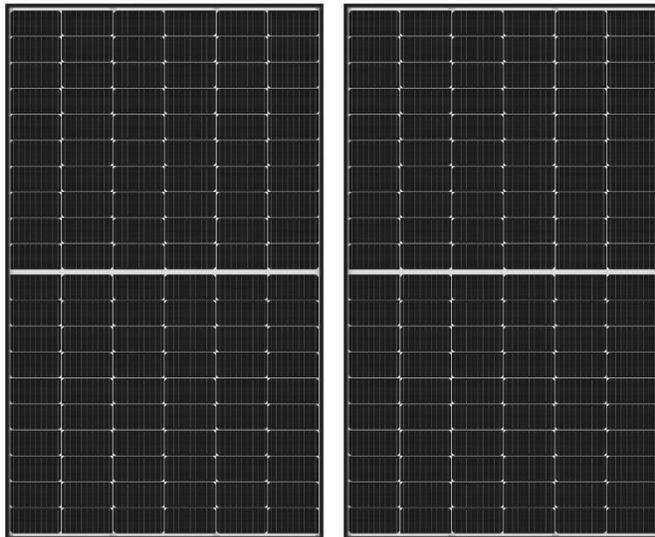
- Einstrahlung:  $1.000 \text{ W/m}^2$
- Solarzellentemperatur:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Spektralverteilung des Lichtes nach Atmosphärendicke  $\text{AM} = 1,5$



3200 Wp = 3,2 kWp

# Begriffsklärung

- kWh



500 Wp

500 Wp

**1kWp**

- 1 kWp
- Süd-Ausrichtung
- 30° Neigung
- unverschattet

produziert in Göppingen ideal:

**1187.1 kWh pro Jahr**

- leichte Verschattungen
- Verluste im Wechselrichter
- Verluste in den Leitungen

Guter Daumenwert für Süddeutschland:

**1.000 kWh pro Jahr pro kWp**

# Begriffsklärung

Ausrichtung	Süd	Süd-Ost / Süd-West								Ost / West	Nord-Ost / Nord-West								Nord
		10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°		90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	
Neigung	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
0°	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
10°	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%	85%	84%	83%	81%	81%	80%	79%	79%	79%
20°	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	72%	71%	70%	70%	70%
30°	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%	64%	62%	61%	61%
40°	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	52%	52%
50°	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%	48%	45%	44%	43%
60°	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	65%	60%	55%	50%	46%	41%	38%	36%	35%
70°	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	63%	58%	54%	49%	44%	39%	35%	32%	29%	28%
80°	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	37%	33%	29%	26%	24%	23%
90°	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	18%

Beispiel:

- Ausrichtung: 30° Süd-Ost
- Neigung: 20°
- Anlagengröße: 1 kWp

$$\text{Prognose Jahresertrag: } 1 \text{ kWp} * \frac{1.000 \text{ kWh}}{\text{kWpa}} * 96\% = 960 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$$

# Finanzieller Ertrag

- PV-Erzeugung wird komplett in das öffentliche Stromnetz eingespeist
- Ertrag pro kWp:

$$960 \frac{\text{kWh}}{\text{kWp}} \text{ PV - Erzeugung pro Jahr}$$

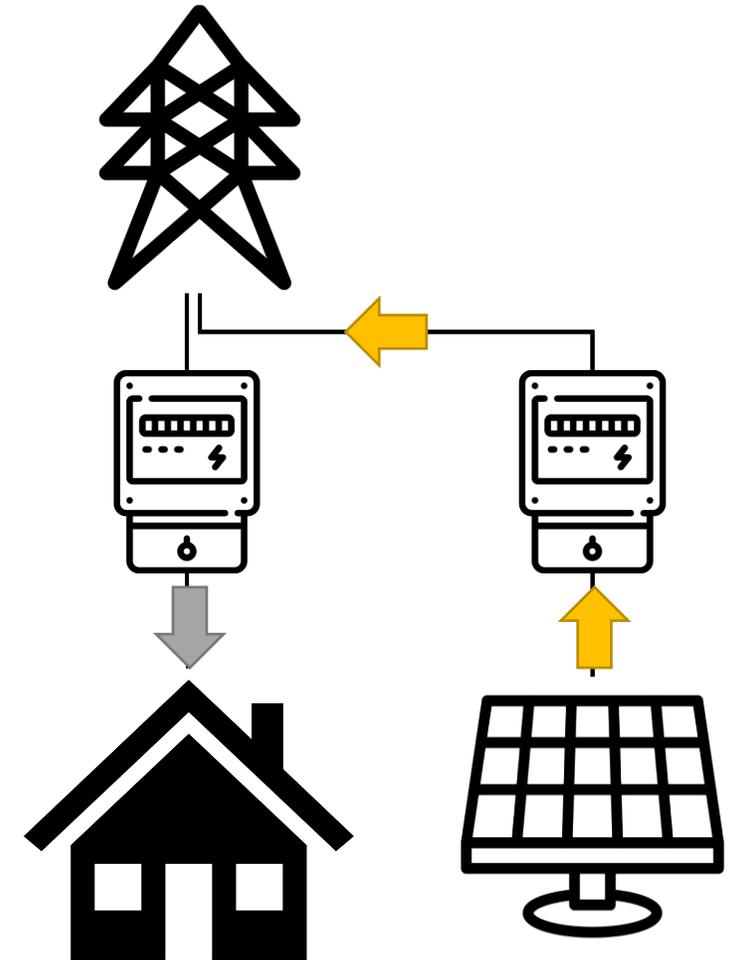
\*

$$0,13 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \text{ Einspeisevergütung}$$

=

$$124,8 \frac{\text{€}}{\text{a kWp}}$$

Volleinspeisung (PV-Strom „fließt ins Netz“)



# Finanzieller Ertrag

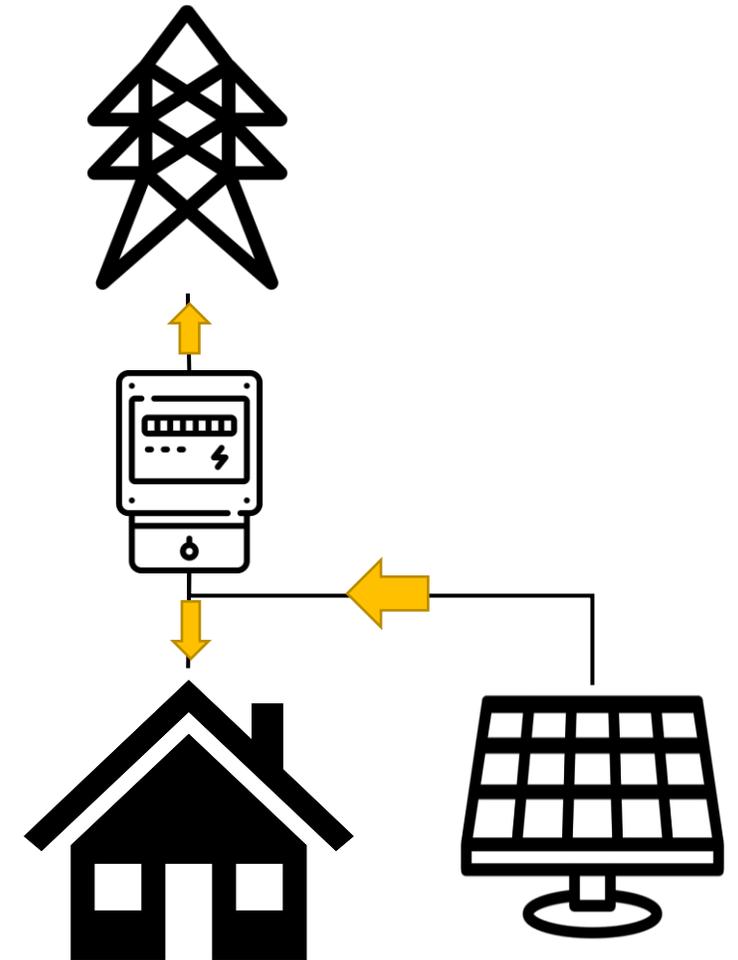
- Nur PV-Überschuss wird eingespeist
- Ertrag pro kWp:

$$30\% \text{ Eigenverbrauch} * 960 \frac{\text{kWh}}{\text{a kWp}} * 0,3 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 86,40 \frac{\text{€}}{\text{a kWp}}$$

$$70\% \text{ Einspeisung} * 960 \frac{\text{kWh}}{\text{a kWp}} * 0,08 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 53,76 \frac{\text{€}}{\text{a kWp}}$$

$$= 140,16 \frac{\text{€}}{\text{a kWp}}$$

Teileinspeisung (Nur Überschuss „fließt ins Netz“)



# Vergleich Voll- vs. Teileinspeisung

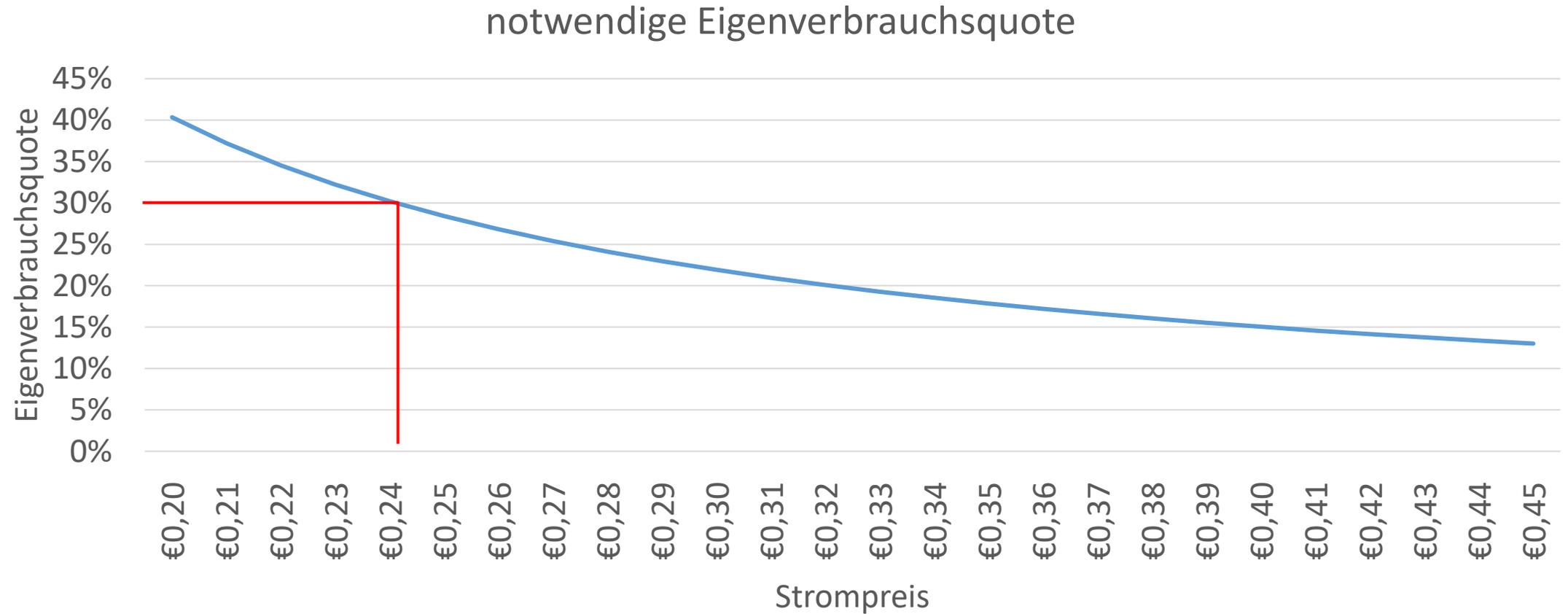
## **Volleinspeisung**

- + geringer Aufwand
- + genau kalkulierbar
- + höhere EEG-Vergütung ca. 13 Cent/kWh
- begrenzte Ertragsmöglichkeiten
- ggf. weitere Zählerplatz notwendig

## **Teileinspeisung**

- + hohe Erträge möglich durch Einsparung von Strom- und weiteren Energiekosten
- Energiemanagement-Strategie nötig
- niedrigere EEG-Vergütung ca. 8 Cent/kWh

# Vergleich Voll- vs. Teileinspeisung



# Strompreisentwicklung für Neukunden

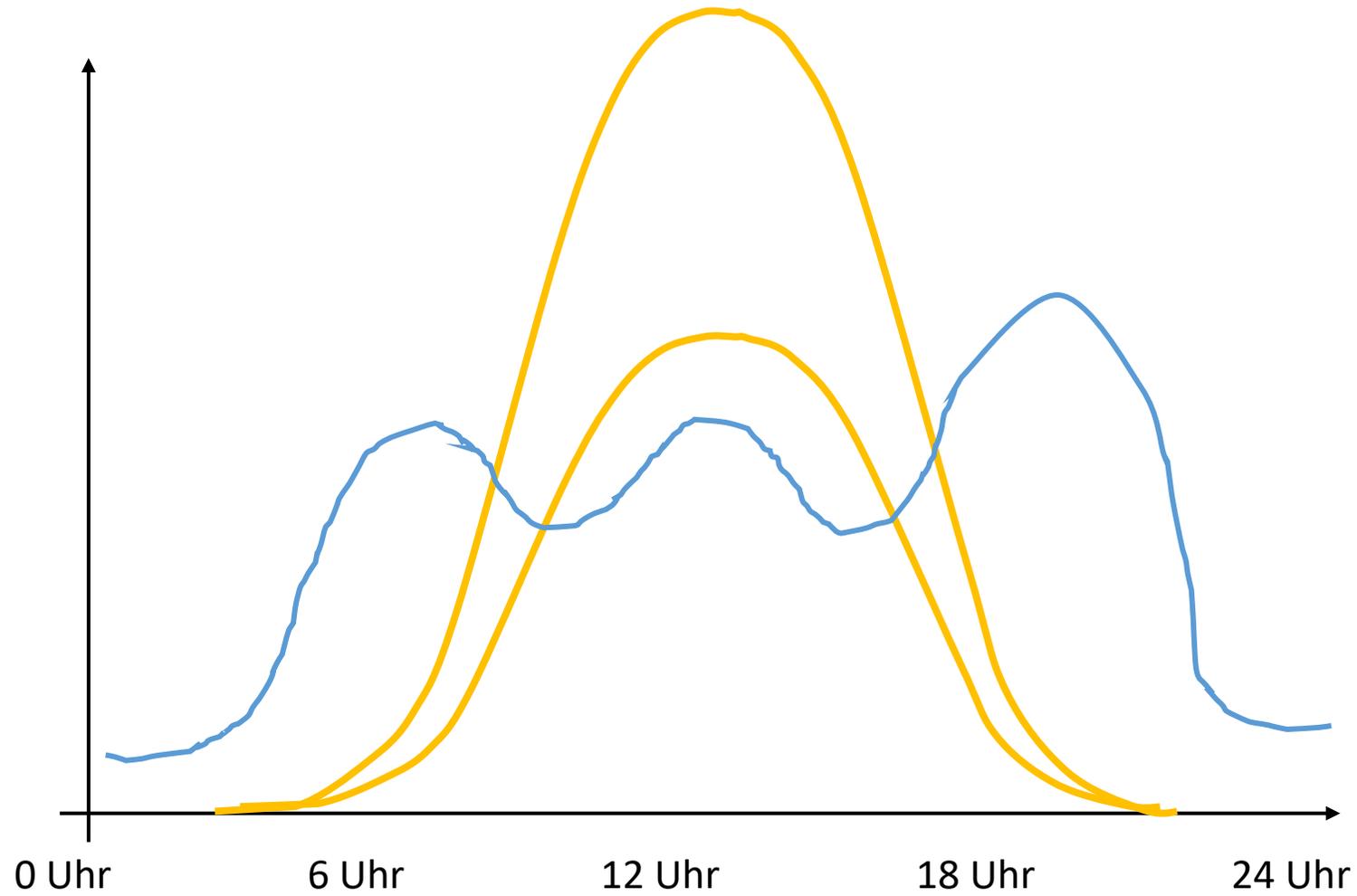
Durchschnittlicher Strompreis bei einem Jahresverbrauch von 4.000 kWh in Cent/kWh



# Maximierung Eigenverbrauch

- Ohne Maßnahmen - ca. 20-40%
  - Nutzerverhalten
  - Verhältnis Verbrauch/ PV-Erzeugung
  - besondere Verbraucher (Bsp.: Pool, Klimaanlage)

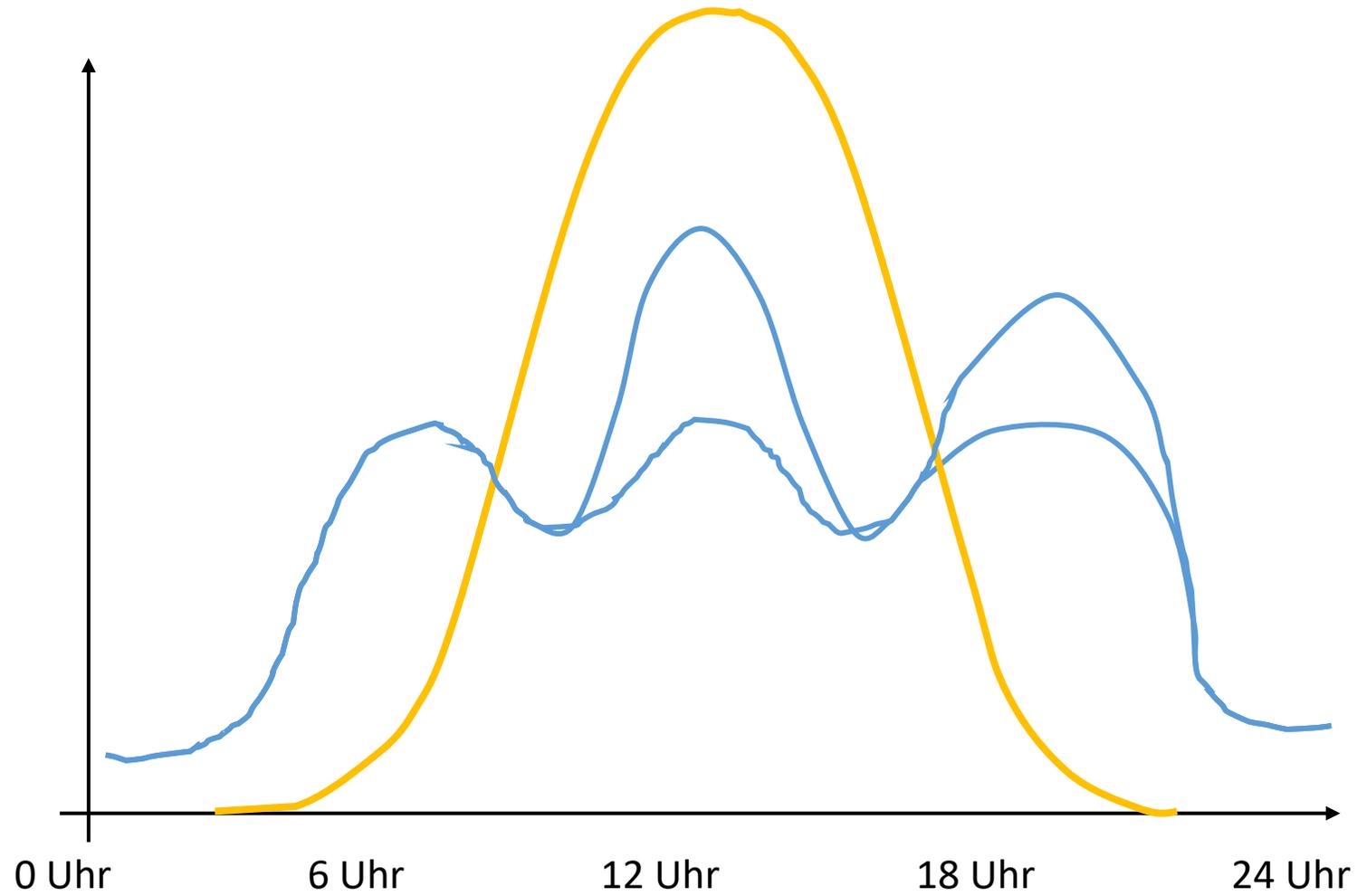
# Maximierung Eigenverbrauch



# Maximierung Eigenverbrauch

- Stufe 1 - Anpassung Verbrauchsverhalten
  - Waschmaschine, Trockner, Kochen, Spülmaschine in Sonnenzeiten

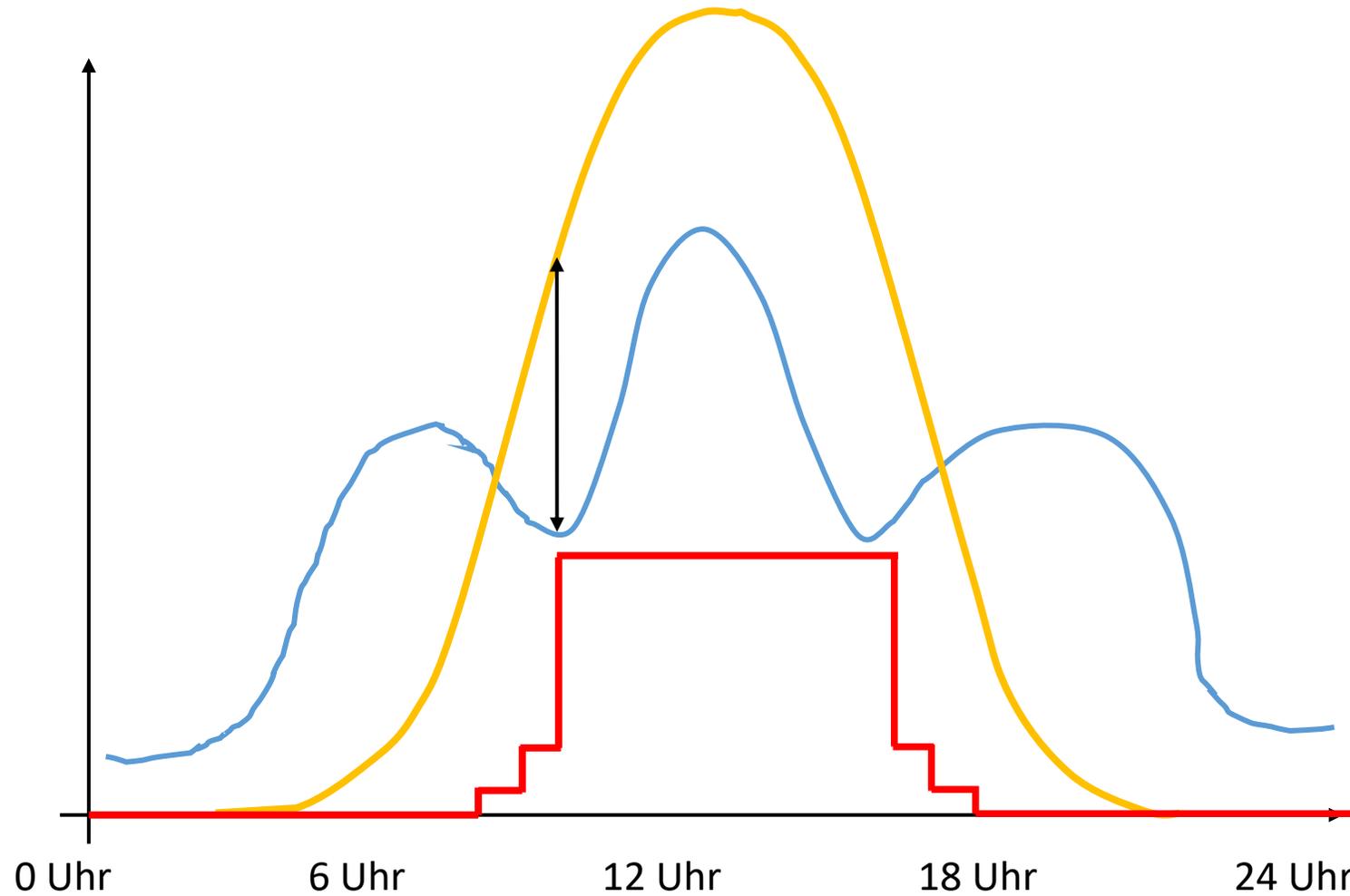
# Maximierung Eigenverbrauch



# Maximierung Eigenverbrauch

- Stufe 2 - Umstellung von Energieströmen auf Strom
  - Heizung Gas/Öl -> Strom (Wärmepumpe) inkl. Regelung
  - PKW Benzin -> Strom (E-Auto) inkl. Regelung
  - Warmwassererzeugung Gas/Öl -> Strom (Wärmepumpe oder auch Heizschwert inkl. Regelung)
  - Kälteerzeugung -> Strom (Klimaanlage) inkl. Regelung

# Maximierung Eigenverbrauch



# Maximierung Eigenverbrauch

- Stufe 3 – Batterie

## **Der Speicher sollte die letzte Option sein! Warum?**

- Teuer
- Produziert keine Energie
- Vernichtet ca. 3-10% der Energie
- Rohstoffbedarf
- Lebensdauer
- Entsorgung

# Speicher

- Was spricht für den Speicher?
  - + Erhöht den Eigenverbrauch
  - + *Ermöglicht Notstrom*
  - + *Entlastet das Stromnetz*
- Günstige Voraussetzungen für einen Speicher
  - Viel Stromverbrauch Abends und Nachts
  - Ausreichend PV-Überschuss vorhanden

# Speicher Dimensionieren

- Einfachste Variante: Schätzen

- Verbrauch / 365 Tage
- 70% tagsüber
- 30% Nachts

- Beispiel

- 3650 kWh pro Jahr
- 10 kWh pro Tag
- 7 kWh tagsüber
- 3 kWh nachts

Sinnvolle Batteriegröße: 2-4 kWh

# Speicher Dimensionieren

- Verbrauchsaufteilung erfassen
  - 6 Uhr Morgens und 6 Uhr Abends Stromzähler ablesen
  - Je länger desto besser
  - Jahreszeitenübergreifend
- Verbrauch genau messen
  - Intelligentes Messsystem
  - Messgerät einbauen
  - Je länger desto besser
  - Jahreszeitenübergreifend



# Rentabilität Speicher

- Investition 400 € - 1100 € pro kWh
- Abschreibung z.B.: über 12 Jahren
- Verlust der Einspeisevergütung: ca. 8 Cent pro kWh
- Be-/Entladewirkungsgrad kombiniert: 95%

+ Ersparnis Stromkosten: 30 Cent pro kWh

# Rentabilität Speicher

Maßstab: Vollladezyklen pro Jahr



		€/kWh Speicherkapazität							
		400 €/kWh	500 €/kWh	600 €/kWh	700 €/kWh	800 €/kWh	900 €/kWh	1000 €/kWh	1100 €/kWh
Strompreis €/kWh	0,20 €/kWh	303	379	455	530	606	682	758	833
	0,22 €/kWh	258	323	388	452	517	581	646	711
	0,24 €/kWh	225	282	338	394	450	507	563	619
	0,26 €/kWh	200	250	299	349	399	449	499	549
	0,28 €/kWh	179	224	269	314	358	403	448	493
	0,30 €/kWh	163	203	244	285	325	366	407	447
	0,32 €/kWh	149	186	223	260	298	335	372	409
	0,34 €/kWh	137	171	206	240	274	309	343	377
	0,36 €/kWh	127	159	191	223	254	286	318	350
	0,38 €/kWh	119	148	178	208	237	267	297	326
	0,40 €/kWh	111	139	167	194	222	250	278	306

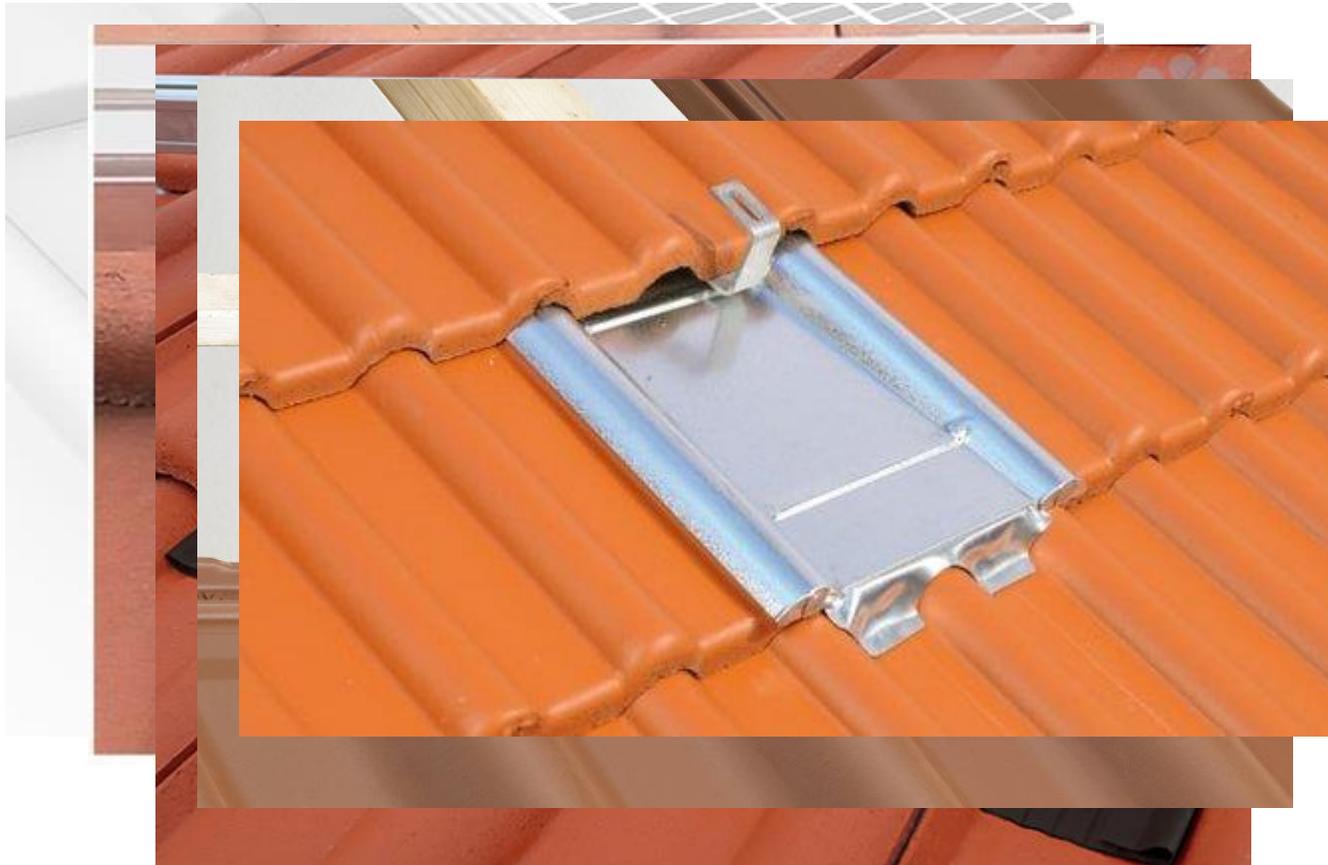


# Vorgehen Anlagenplanung - Empfehlung

1. Stromverbrauch möglichst genau analysieren
2. Veränderung des Stromverbrauchs abschätzen
  - Kommt ein E-Auto, Wärmepumpe, Heizstab sinnvoll?, Klimaanlage, etc.
3. Maximale Investition definieren
4. Einzelne geeignete Dachflächen voll belegen bis zur Wechselrichtergrenze
5. Speicher dimensionieren
  - Ohne Speicher oder möglichst klein anfangen
  - ggf. nachrüsten

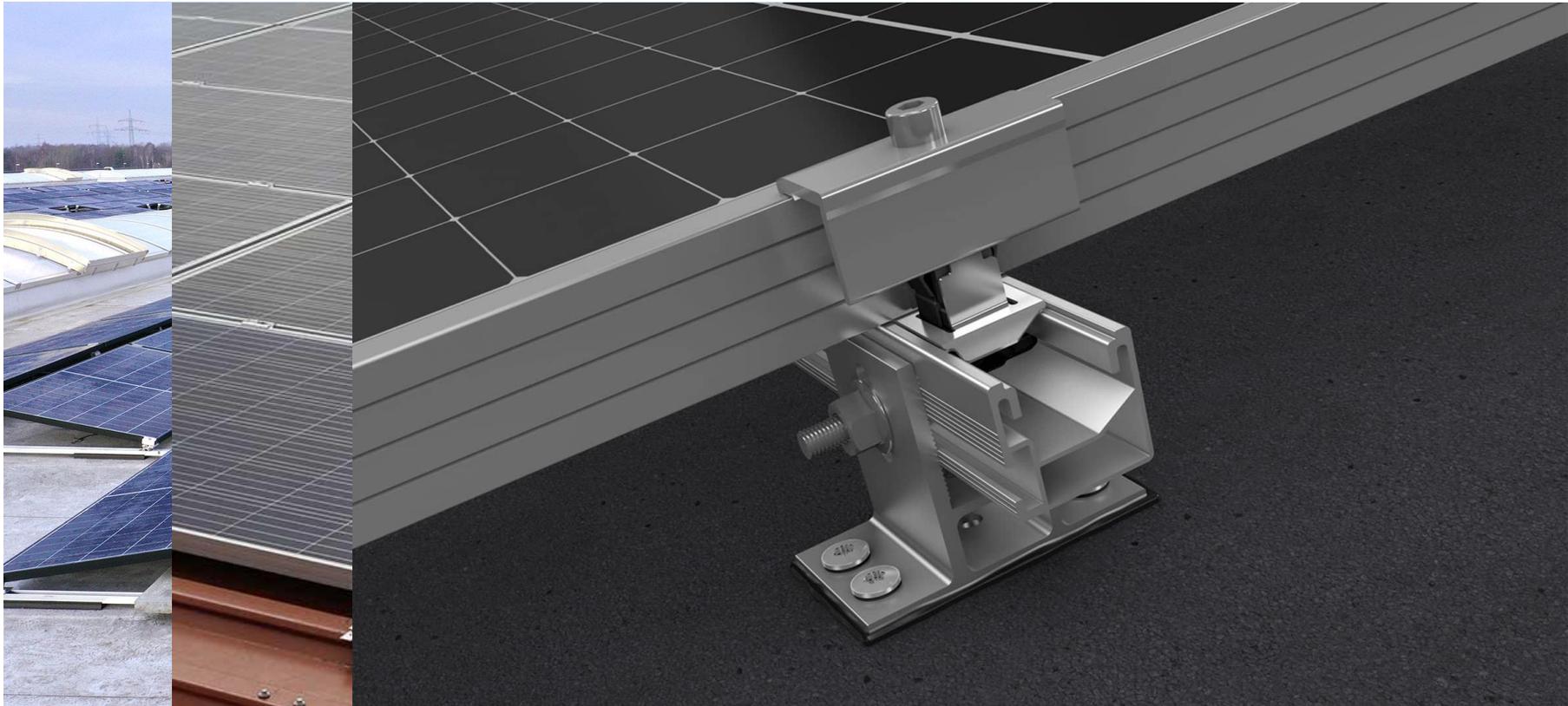
# PV-Technik – Befestigung

## Ziegeldach



# PV-Technik - Befestigung

- anderen Dachbeläge

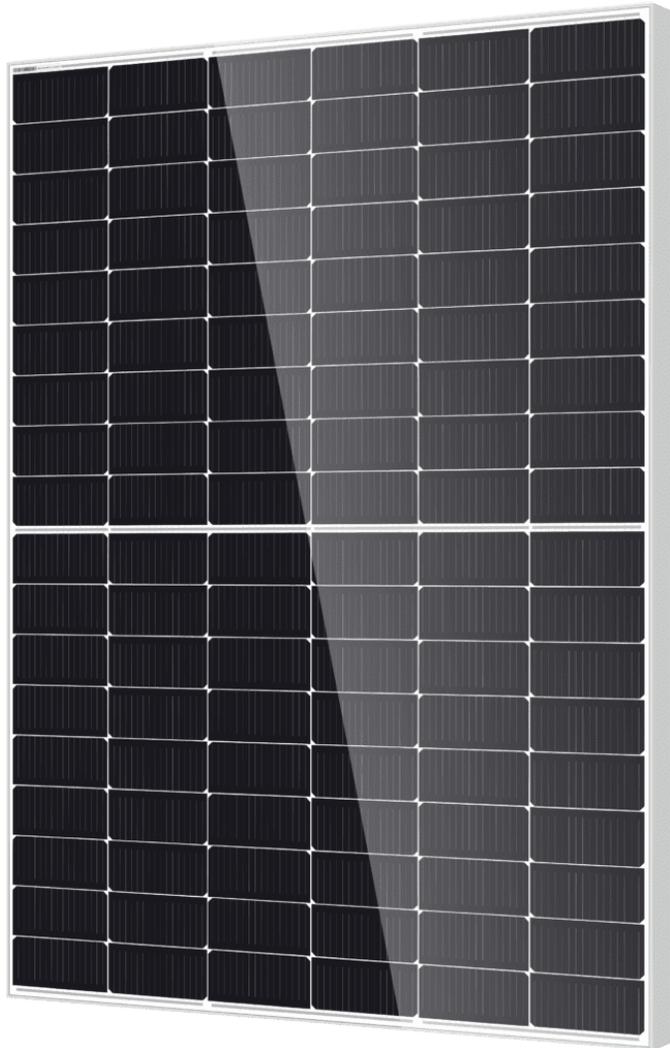


# PV-Technik - Module



**ES DARF NICHT KAPUTT GEHEN!!!**

# PV-Technik - Module



# PV-Technik - Module

- Standard Modul
  - 390-450Wp
  - Ca. 1740 x 1130 x 30-35mm
  - 20-22kg
  - Glas-Glas / Glas-Folie
  - 20% - 22,8% Wirkungsgrad
  - Zelltechnologie PERC, TOPCon, HJT

# Empfehlung PV-Module

- Europäische Herstellung
- Bei großen Dachflächen €/Wp vergleichen
- Aufbau beachten
  - Rahmenstärke
  - Glasdicke
- Bei knappen Dachflächen evtl. kleinere „ältere“ Module nachfragen
- Schauen Sie sich die Module wenn möglich an!

# Wechselrichter/Speicher

- Was muss meine Wechselrichter können?
  - Batterie Ja/Nein auch nicht später
  - Wallbox regeln
  - Wärmepumpe regeln
  - Heizschwert regeln
  - Notstrom/Ersatzstrom
- Was muss meine Batterie können?
  - Lade-/Entladeleistung passt zur PV-Anlage und zu meinen Verbrauchern
  - Verfügbare Speicherkapazität passt
  - Bedingungen der Erweiterbarkeit passen

# Wechselrichter / Speicher

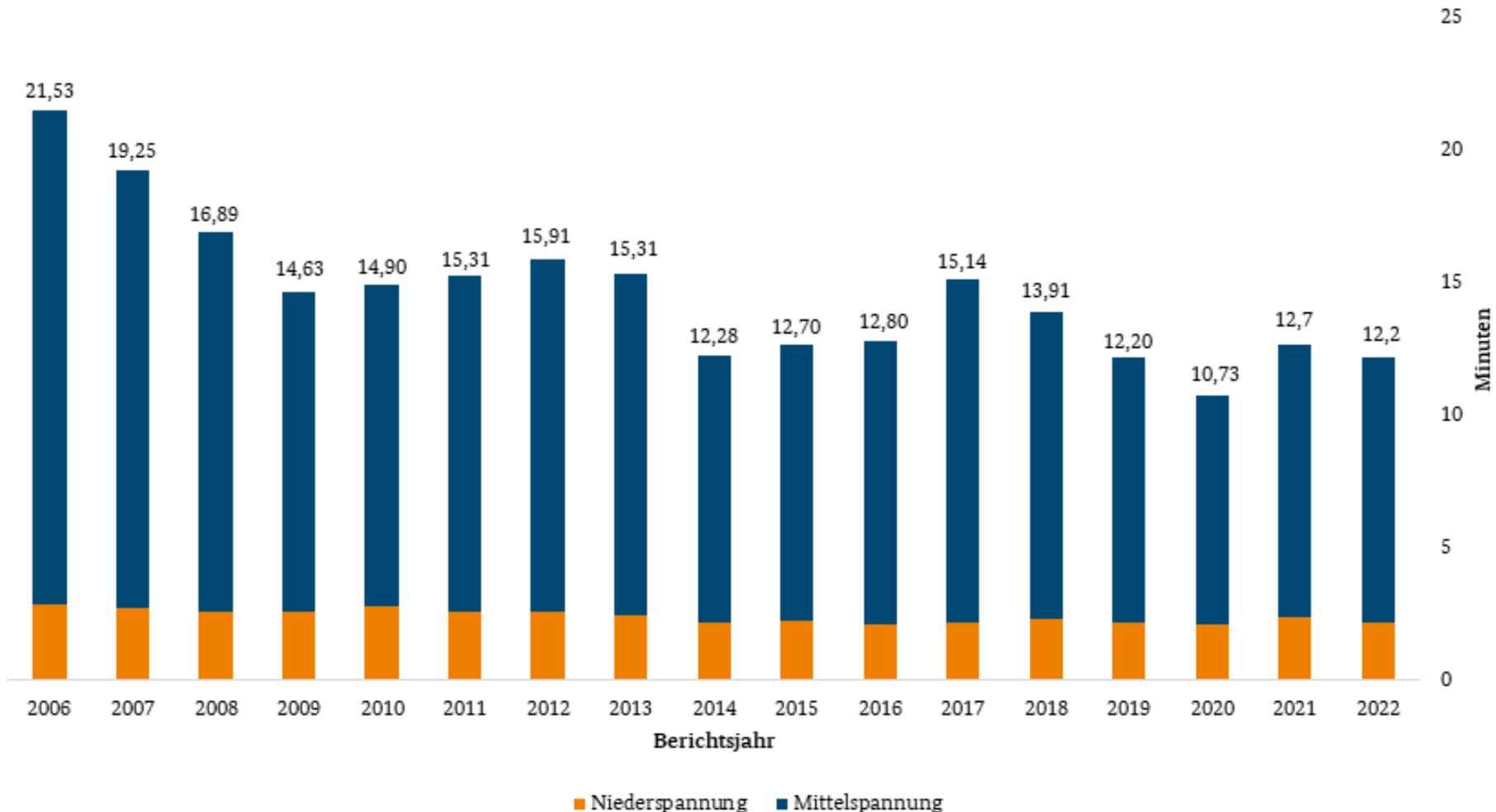
- Kriterien
- Garantiezeiten können hier durchaus relevant werden
- Garantieverlängerungen bei manchen Herstellern möglich
- Monitoring/Visualisierung mit weiteren Kosten verbunden
- Kosten Energy-Meter enthalten?

# Wechselrichter / Speicher

- Standard Wechselrichter
  - Trafolos
  - 3-phasig
  - Hybrid (DC-Batterie anschließbar)
  - Produktgarantie ca. 10 Jahre
  - Inkl. Energy-Meter
- Standard Batterie
  - LiFePo-Zellen
  - Modular erweiterbar
  - Lade-Entladeleistung ähnlich wie AC-Leistung des Wechselrichters

# Notstrom/Ersatzstrom/Inselbetrieb

## SAIDI<sub>EnWG</sub> - Gesamt



# Notstrom/Ersatzstrom/Inselbetrieb

- Notstrom
  - Notstromsteckdose am Wechselrichter
- Ersatzstrom
  - Versorgung einzelner oder mehrere Stromkreise im Haus (1- oder 3-phasig)
- Inselbetrieb
  - Versorgung einzelner oder mehrere Stromkreise im Haus (1- oder 3-phasig)
  - Versorgung und Nachladung der Batterie auch aus der PV-Anlage

# Notstrom/Ersatzstrom/Inselbetrieb

- Plausibilitätsprüfung
  - Passt die Speicherkapazität zur Anforderung?
  - Passt die Lade-/Entladeleistung zur Anforderung?
  - Passt die Größe der PV-Anlage zur Anforderung?
- Kosten
  - Notstromsteckdose ca. 100-200€
  - Ersatzstrom ca. 500-2000€
  - Inselbetrieb ca. 500-2000€

# Notstrom/Ersatzstrom/Inselbetrieb

- Beispielszenario 1: Stromausfall 1. August 12 Uhr
  - Sommertag/sonnig
  - Restliche PV-Erzeugung (8kWp): 25 kWh
  - Ladezustand 8kWh Speicher: 100%

**Inselbetrieb möglicherweise mehrere Tage**
- Beispielszenario 2: Stromausfall 5. Januar 8 Uhr
  - Wintertag/bewölkt
  - Restliche PV-Erzeugung (8kWp): 2 kWh
  - Ladezustand 8kWh Speicher: 0%

**Inselbetrieb möglich wenige Minuten am Tag**

# Verschattung

- Solarpotenzialkataster prüfen
- Schatten klassifizieren
- Wie viele Stunden am Tag
- Morgens, Mittags, Abends
- Ganzjährig oder Saisonal
- Schatten durch Leitungen, Sat-Schüssel, Kamin vermeiden

# Austausch Zählerschrank

- Nachfrage beim örtlichen Netzbetreiber



# Ablauf eines PV-Projektes

- Installationsdauer Dach 1-2 Tage
- Installationsdauer Keller 1-2 Tage
- Anmeldung der Anlage und Beantragung Zählertausch beim örtlichen Netzbetreiber **frühestmöglich** durch den Installateur
- Zählertausch
- Inbetriebnahme und Fertigmeldung der Anlage beim lokalen Netzbetreiber
- Anmeldung durch Sie im MaStR (Marktstammdatenregister)
- Nachfrage und ggf. Anmeldung beim Finanzamt bzw. Gewerbeamt

# Steuerliche Neuerungen (ohne Gewähr)

- Umsatzsteuer (Mehrwertsteuer)
  - Aktuell 0% auf PV-Anlagen und Speicher
- Einnahmen aus der PV-Anlage sind pauschal Einkommensteuerbefreit für PV-Anlagen bis 30kWp auf Einfamilienhäusern

# Eine Lanze brechen für das lokale Handwerk

- Sie müssen sich auf Ihren Installateur verlassen!
- Ansprechpartner vor Ort
- Der gute Ruf ist für diese Firmen existenziell
- Bei Problemen kommt schneller Hilfe, das mindert Ertragsausfall



# Interessante Informationsquellen

- Unabhängigkeitsrechner (HTW Berlin)
  - <https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/>
- Solarkataster Baden-Württemberg
  - <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen>
- Leitfaden PV-Betriebskonzepte, Ladeinfrastruktur und Speicher in MFHs
  - <https://energieagentur-regio-freiburg.eu/pv-mehrparteienhaus/>
- Speicher und Wechselrichterstudie
  - <https://solar.htw-berlin.de/studien/stromspeicher-inspektion-2024/>
- Marktübersicht Batteriespeicher
  - <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktuebersicht-batteriespeicher/marktuebersicht-batteriespeicher-online-version/>
- Sonnenbahn an bestimmtem Standort
  - <https://www.sonnenverlauf.de>
- Umsatzsteuerregelungen PV
  - <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/FAQ/foerderung-photovoltaikanlagen.html>
- Einkommensteuerregelung PV
  - <https://fm.baden-wuerttemberg.de/de/steuern/steuern-aktuelle-themen/photovoltaik-anlagen-das-sind-die-steuerregeln>

# Bildquellenverzeichnis

Icon Strommast: Mohamed Mbarki

Icon Heizung: Nikita Golubev

Icon Stromzähler: Flaticon

Icon PV-Anlage: Iyicon

PV-Modul: JA-Solar

iMSys: Bayernwerk Netz GmbH

Moderne Messeinrichtung: Bayernwerk Netz GmbH

Dachaken: K2

Metалldachziegel: Mazari, Lehmann, SL-Rack

Gebrochener Dachziegel: Photovoltaik.eu

Flachdach: K2

Bitumenbefestigung: K2

PV-Module: AXSun, Meyer Burger

Zählertafel: Deutsche BauZeitschrift