

Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien

WebSeminar, 06.02.2024

Herzlich Willkommen

Larissa El Chami & Alois Hadeier

PARTNER

TEAM ENERGIEWENDE BAYERN



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
Bayerisches Staatsministerium für
Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien

Vortragsunterlagen

Vortragsunterlagen abrufbar unter:

<https://www.carmen-ev.de/termine/veranstaltungsunterlagen/>

C.A.R.M.E.N.-WebSeminar „Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien“



[C.A.R.M.E.N.-WebSeminar „Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien“](#) **DOWNLOAD**

1 Dateien | 12.00 KB

Passwort: WP+PV

C.A.R.M.E.N. e.V.

Centrales **A**grar-**R**ohstoff **M**arketing- und **E**nergie-**N**etzwerk e.V.



Koordinierungsstelle für Nachwachsende Rohstoffe, Erneuerbare Energien und nachhaltige Ressourcennutzung.

C.A.R.M.E.N. e.V. bündelt Informationen und bietet kostenfreie, neutrale Beratung für alle Interessengruppen. Das Netzwerk ist Teil des Kompetenzzentrums für Nachwachsende Rohstoffe (**KoNaRo**) in Straubing.



Was wir bieten:

30 Jahre Erfahrung aus der Praxis

Beratung u. Koordinierung

- Biomasse / NawaRo
- Erneuerbare Energien
- Energieeffizienz

Technologie- und Informationstransfer

Vernetzung

- Mitarbeit in Verbänden
- Vernetzen von Betreibern



Aufgaben

Öffentlichkeitsarbeit

- Publikationen
- Vorträge
- Veranstaltungen
- Exkursionen
- Messen
- Internetauftritt

Begutachtung, Betreuung und Evaluierung einschlägiger Projekte

Erstinformation Förderungsmöglichkeiten



C.A.R.M.E.N. e.V.
bei Facebook



C.A.R.M.E.N. e.V.
bei Twitter



C.A.R.M.E.N. e.V.
bei LinkedIn

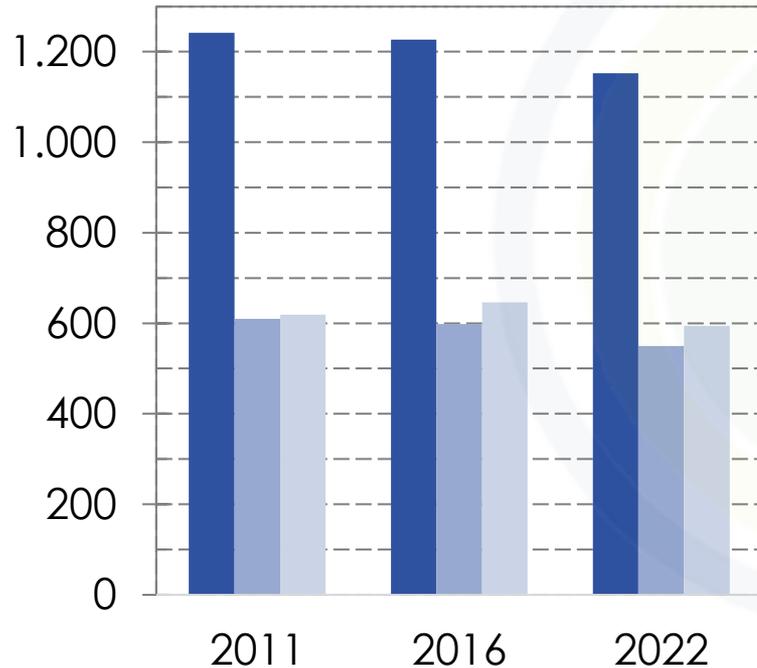
C.A.R.M.E.N.-Abteilungen



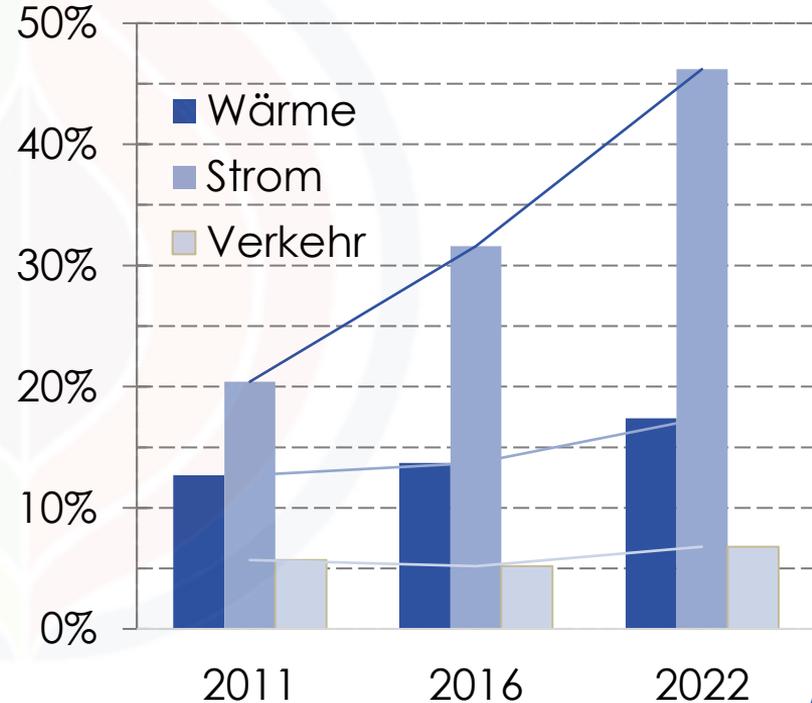
Sachverständigenrat
Bioökonomie Bayern

Wie weit sind wir bei der Energiewende?

Bruttoenergiebedarfe in TWh

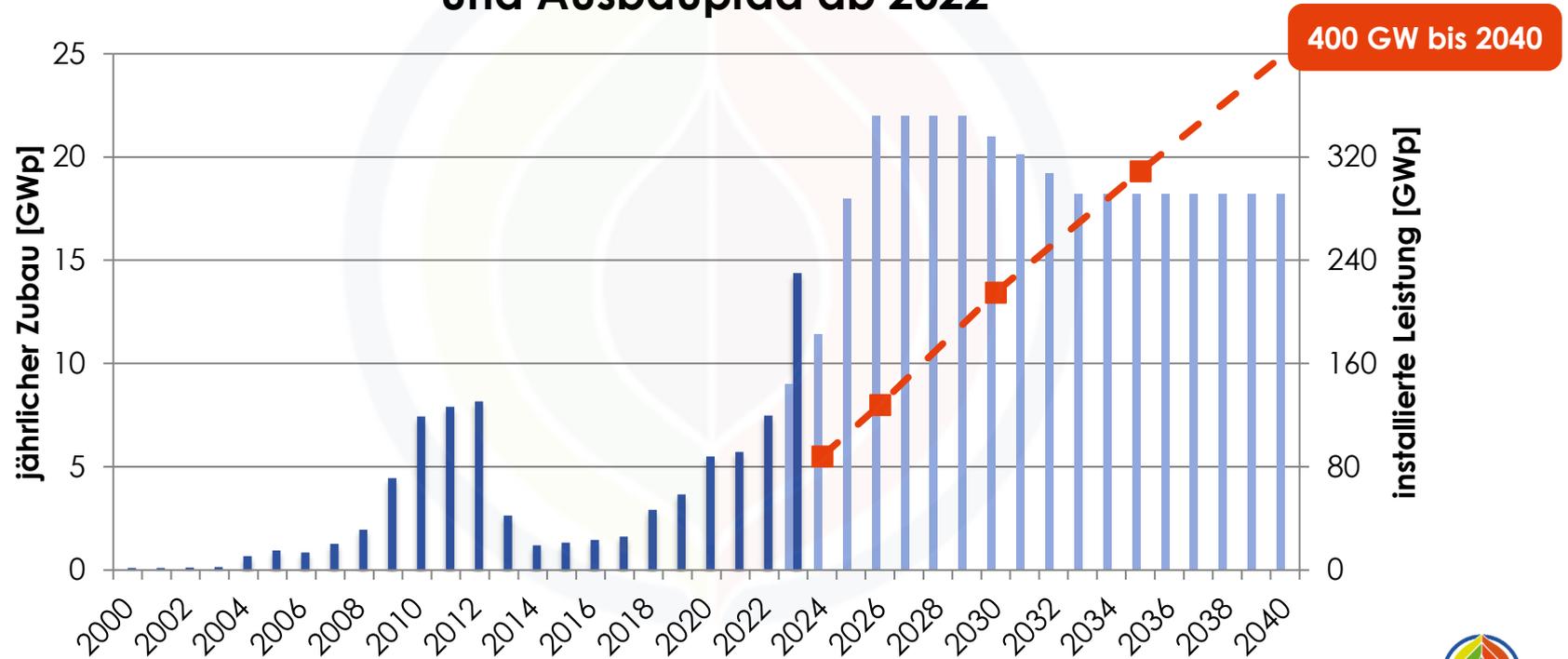


Anteil erneuerbarer Energien am jeweiligen Bruttoenergiebedarf

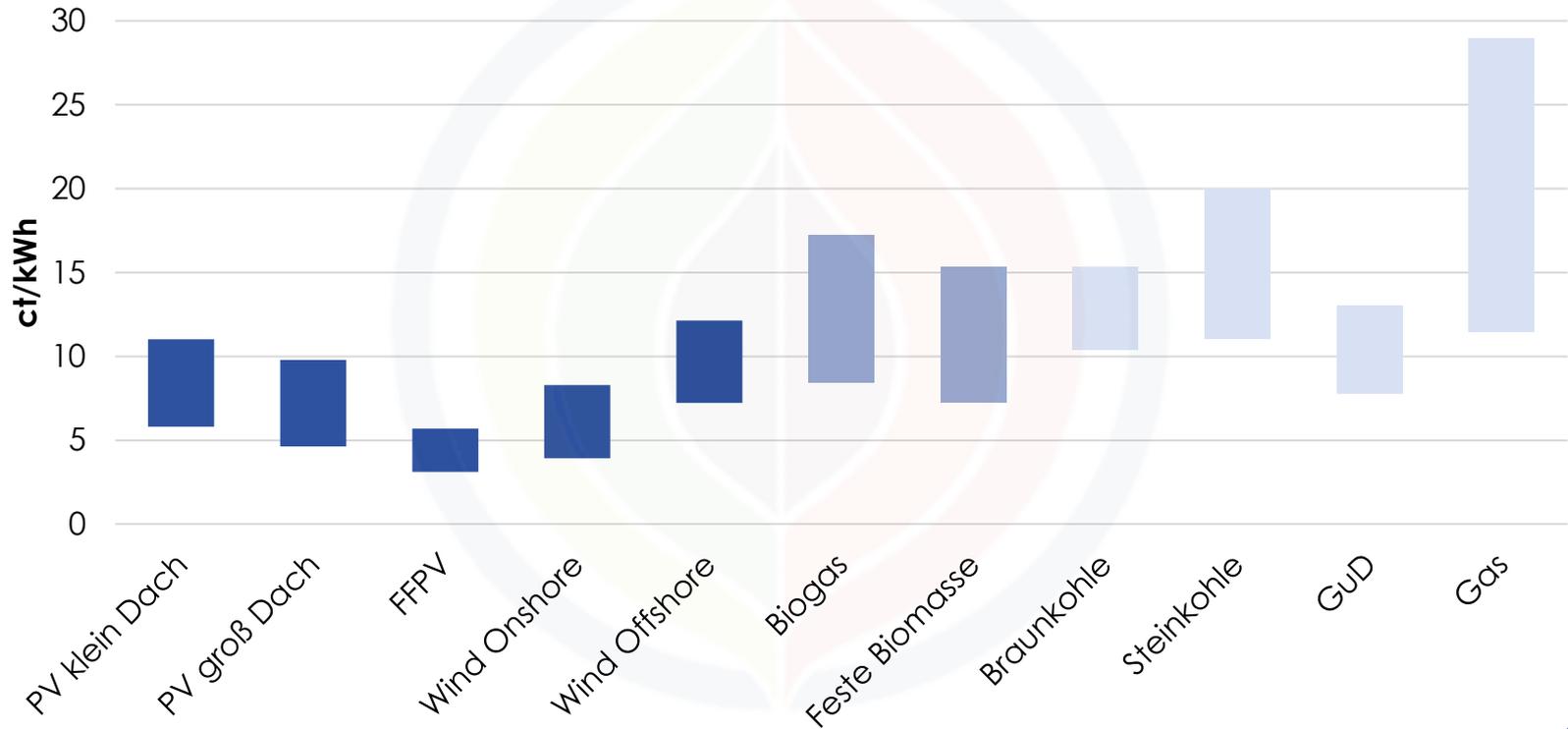


Ausbauziele Photovoltaik

Jährlicher Zubau PV-Leistung und Ausbaupfad ab 2022



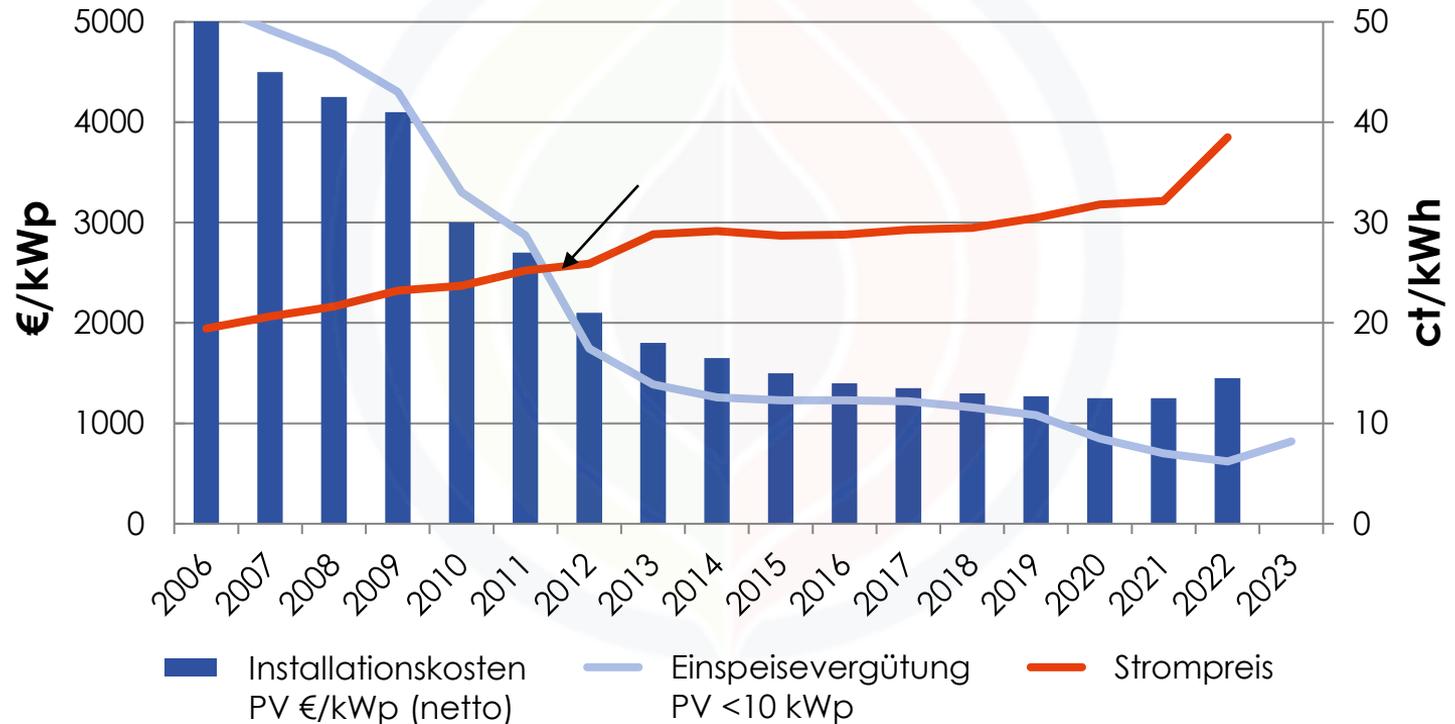
Stromgestehungskosten nach Energieträger



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html> (Juni 2021)

Entwicklung

Vergütungs- und Preisentwicklung von PV-Kleinanlagen



Vergütungssätze EEG bis 100 kW_p

- Anspruch für 20 Jahre + restliches Inbetriebnahmejahr

Festvergütung bis 100 kW_p

Februar – Juli 2024

Überschusseinspeisung

Volleinspeisung

	Anlagen auf Gebäuden und Lärmschutzwänden		Sonstige Anlagen
Anzulegender Wert in ct/kWh	≤ 10 kW _p	≤ 40 kW _p	≤ 100 kW _p
	8,11*	7,03*	5,74*
			6,53*

	Anlagen auf Gebäuden und Lärmschutzwänden	Sonstige Anlagen
Anzulegender Wert in ct/kWh	≤ 10 kW _p	≤ 100 kW _p
	12,87*	6,53*
	10,79*	

* Vermarktungsprämie in Höhe von 0,4 ct/kWh bereits abgezogen, Pflicht zur Direktvermarktung ab 100 kW_p

Flächenbedarf für PV

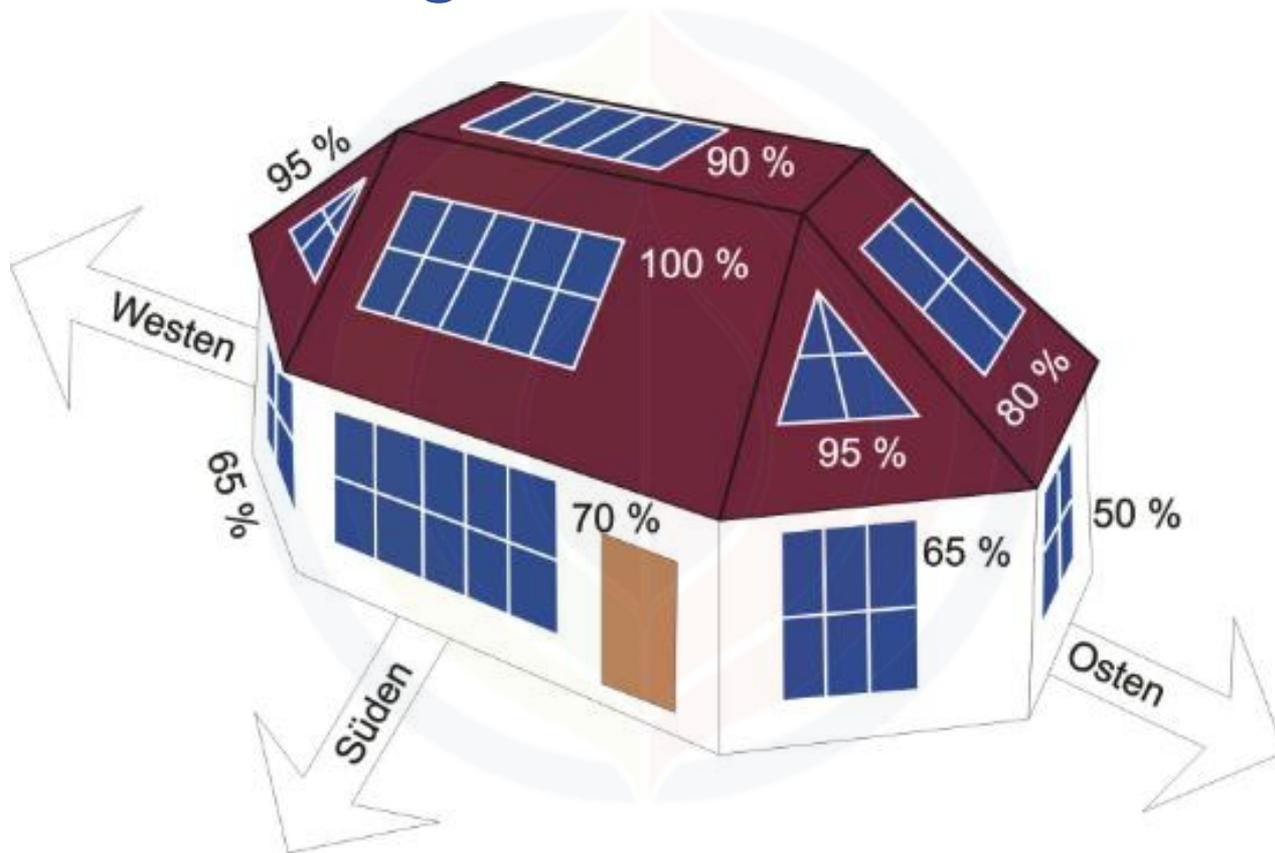


3 Module x 335 Wp = 1.005 Wattpeak = 1,0 kWp

➔ Ertrag in 1 Jahr: ca. 1.000 kWh

5 m² = 1.000 kWh = Strombedarf einer Person

Modulausrichtung



Kriterien bei der Anlagenplanung

Ausrichtung:

- Süd: Maximale Gesamterträge, hohe Mittagsspitzen
- Ost/West: Maximaler Eigenverbrauch, gleichmäßigere Ertragsverteilung
- Nord: Bei geringer Dachneigung auch möglich

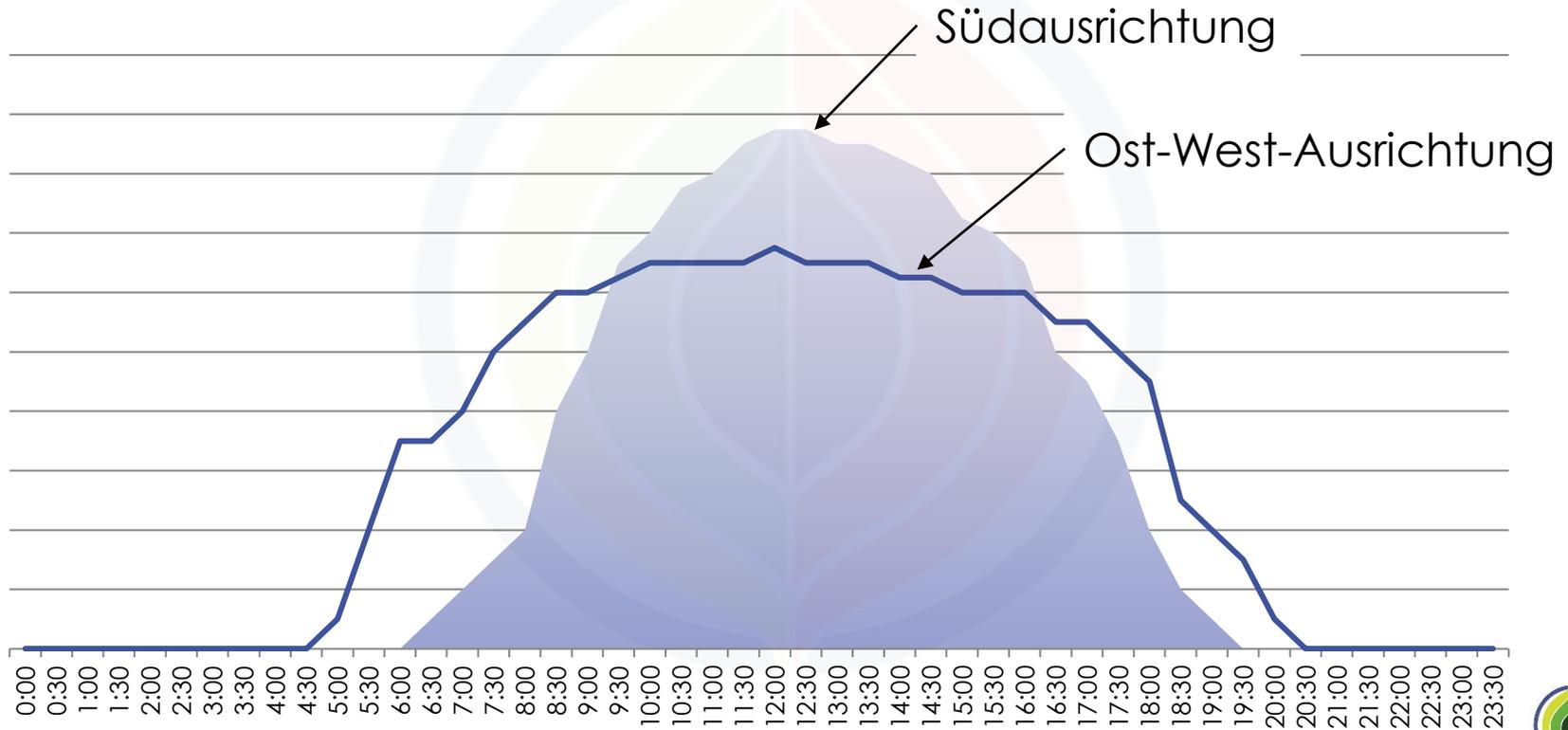
Dachneigung:

- Geringe DN: geringerer Einfluss der Ausrichtung, geringerer Selbstreinigungseffekt (am besten über 12° DN)
- Höhere DN: Maximale Erträge im Winter

Dimensionierung:

- Kleinere Anlagen haben hohen Anteil an Fixkosten – je größer, desto geringer Gestehungskosten für Solarstrom
- Vorhandene Dachfläche möglichst optimal ausnutzen

Solarstromproduktion im Tagesverlauf

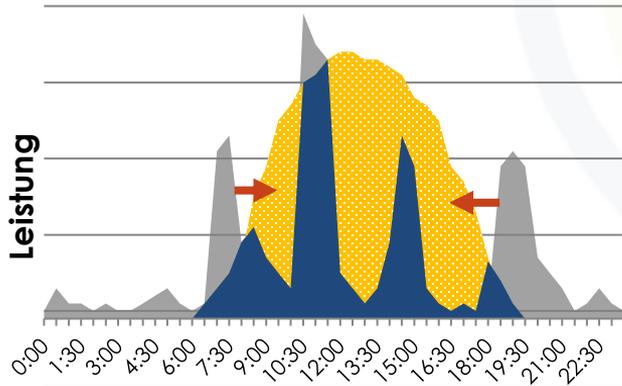


Eigenverbrauchsoptimierung

Analyse der Bedingungen

- Wann findet Verbrauch statt?
- Wie können Verbraucher auf die PV-Anlage abgestimmt werden?
- Welche Verbraucher sind geplant?

Verlagerung von Verbrauch zu Erzeugung



Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

Elektrifizierung

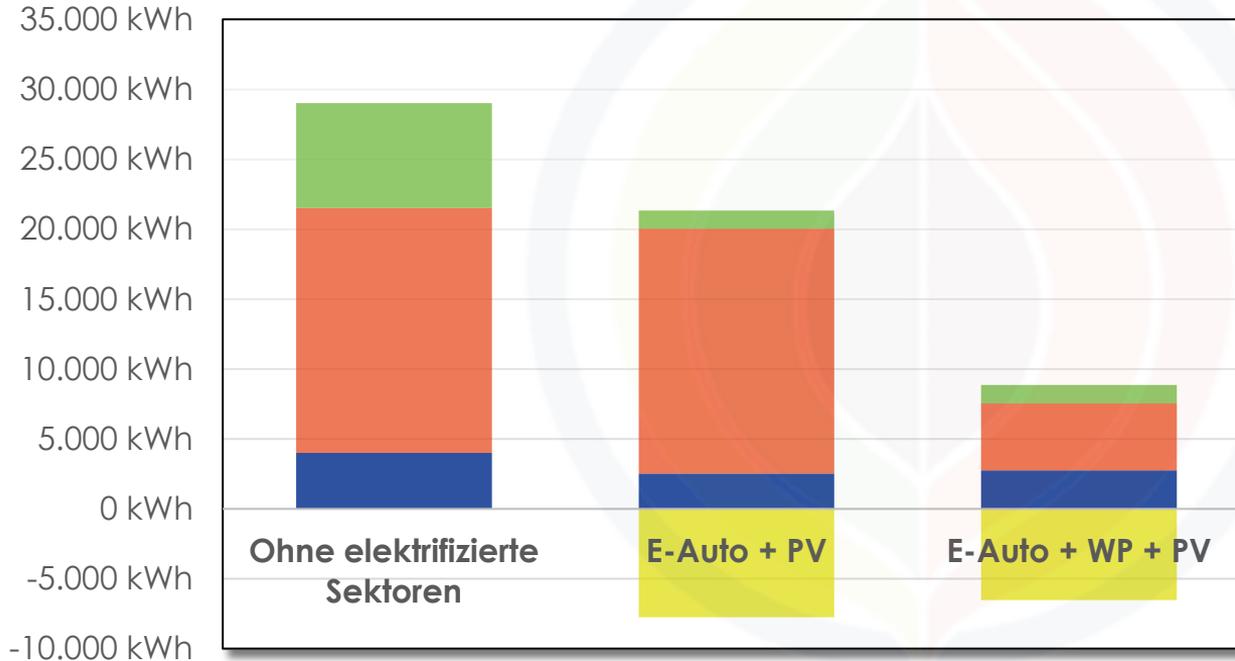


Speicherung



Sektorenkopplung mit Photovoltaik

ENERGIEBEZUG



■ **Haushaltsstrom** ■ **Wärme** ■ **Mobilität** ■ **Überschuss Photovoltaik**

Ausgangsdaten:

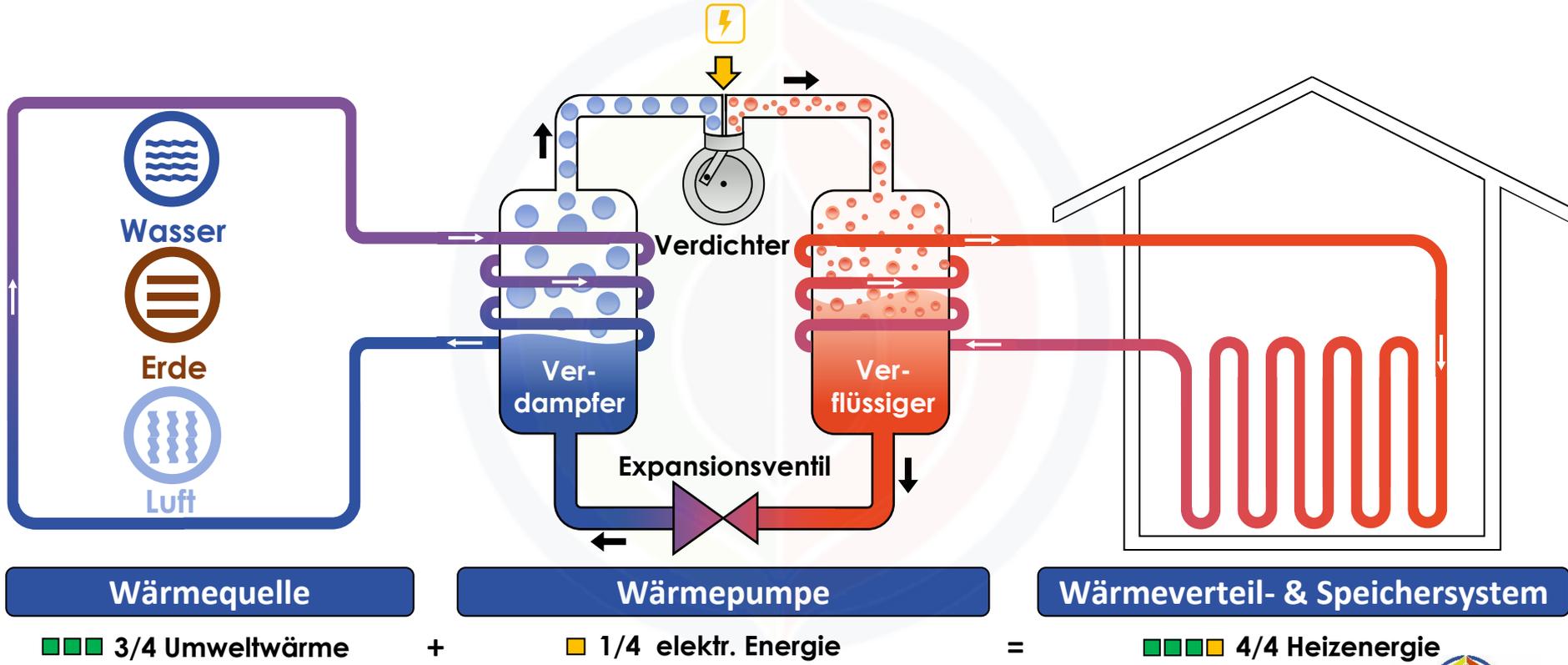
- Haushalt: 4.000 kWh/a
- Haus: 150 m², 100 kWh/m²
- PV: 10 kWp, 1.084 kWh/kWp
- Fahrzeug: 15.000 km/a
- Verbrenner: 5 l/100km
- E-Auto: 16 kWh/100km

Eigenverbrauchspotential:

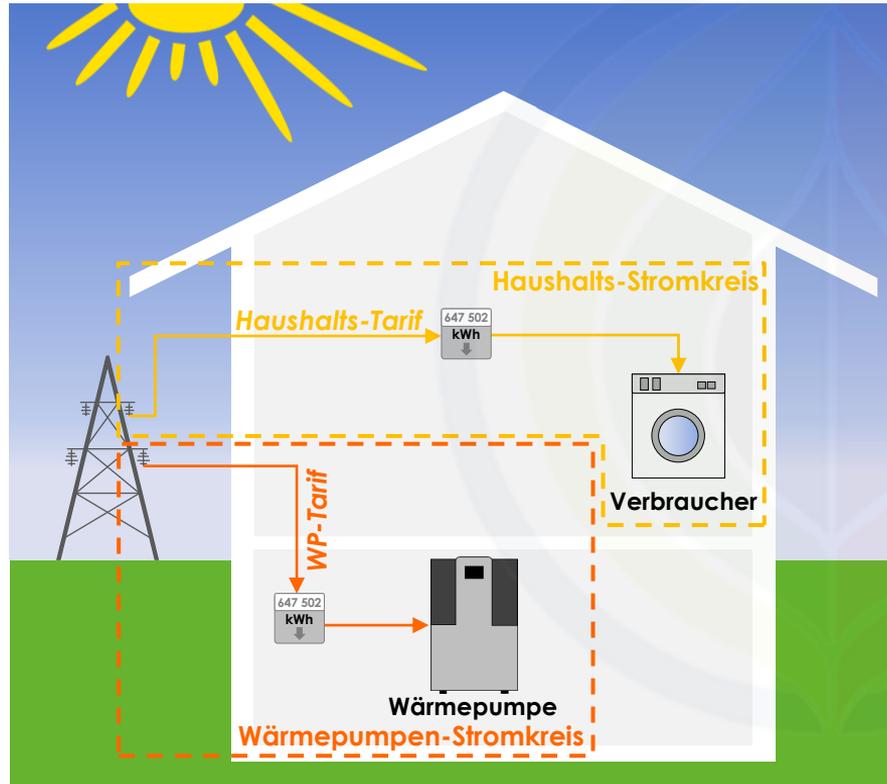
- Nur Haushaltsstrom: ca. 10-15 %
- Mit E-Auto: ca. 30-35 %
- Mit E-Auto + WP: ca. 40 %

Autarkiegrad WP: 25-35 %

Das Wärmepumpensystem



Wärmepumpen-Stromtarif



- In der Regel günstiger als Haushaltsstrom

Voraussetzungen:

1. Messung über eigenen Zähler (getrennt von Haushaltsstrom)
2. der Netzbetreiber muss auf die Wärmepumpe zugreifen und sie steuern können (Sperzeit max. 3x2h pro 24h)

Temporäres „Dimmen“ von Wärmepumpen

Seit dem 01.01.2024:

Möglichkeit der Leistungsreduktion steuerbarer Wärmepumpe zur Vermeidung von Netzüberlastungen (Leistung von mind. 4,2 kW bleibt garantiert)

Im Gegenzug **Reduzierung des Netzentgelts:**

- **Modell 1:** Bundeseinheitlicher, pauschaler Rabatt auf das Netzentgelt (je nach Netzgebiet 110 € – 190€ im Jahr)
- **Modell 2:** Prozentuale Reduzierung des Arbeitspreises der Netzentgelte um 60 %; benötigt extra Zähler für den Verbrauch der Wärmepumpe, kombinierbar mit Bezug über Wärmepumpen-Stromtarif
- **Modell 3:** Zusätzlich zu Variante 1, ab 2025 Entscheidung für ein zeitvariables Netzentgelt möglich (unterschiedliche Preisstufen innerhalb des Tages)

Für vor 2024 eingebaute Verbraucher, für die eine Vereinbarung zur Steuerung durch den Netzbetreiber besteht, gibt es eine Übergangsfrist bis 31.12.2028. Verbraucher ohne Steuerung sind ausgenommen.

-> festgelegt in § 14a Energiewirtschaftsgesetz

Welche Wärmequellen gibt es?



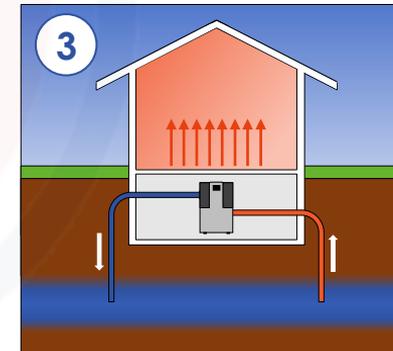
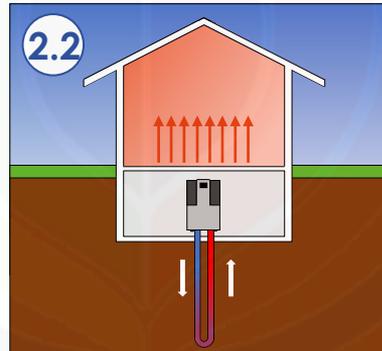
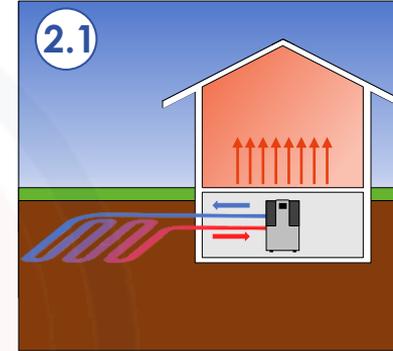
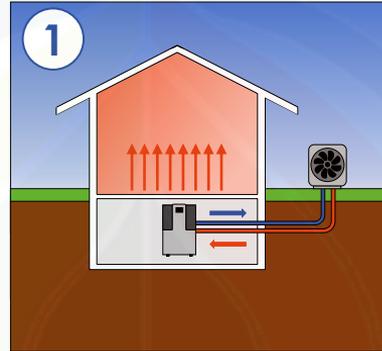
Umgebungsluft (1)



Erdwärme (2)



Grundwasser (3)

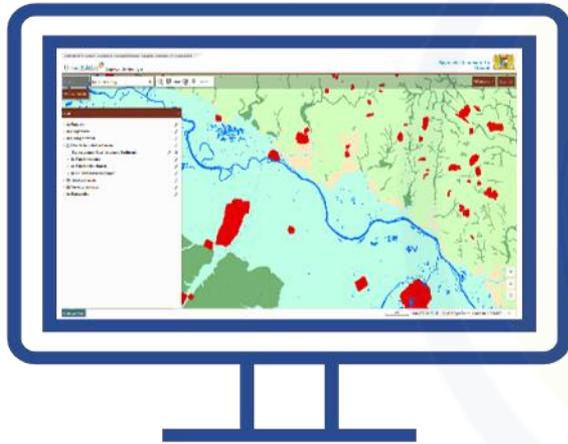


→ je höher die Quelltemperatur, desto effizienter das System



Online - Standortauskunft

Beispiel: Umwelt-Atlas-Bayern (www.umweltatlas.bayern.de)



- **Standorteignung oberflächennahe Geothermie und weitere Informationen:**
 - Erdwärmesonden
 - Erdwärmekollektoren
 - Grundwasser-WP

Infostellen für alle Bundesländer unter:

www.geothermie.de/bibliothek/links-und-infosysteme/geologische-dienste-und-infosysteme.html

Voraussetzungen für Wärmepumpe

→ je niedriger die Vorlauftemperatur, desto effizienter das System

- Max. Vorlauftemperatur 50-60°C, optimal < 35°C (Flächenheizungen)

Optimierungsmöglichkeiten:

- Anpassung des Wärmeverteilsystems
(z. B. Austausch alter Heizkörper durch Niedertemperaturheizkörper)
- (Teil-)Sanierung des Gebäudes
(z. B. Fenstertausch)

Effizienz der Wärmepumpenanlage

Coefficient of Performance (COP):

Effizienz einer Wärmepumpe in Betriebspunkt

≙ Normverbrauch Auto

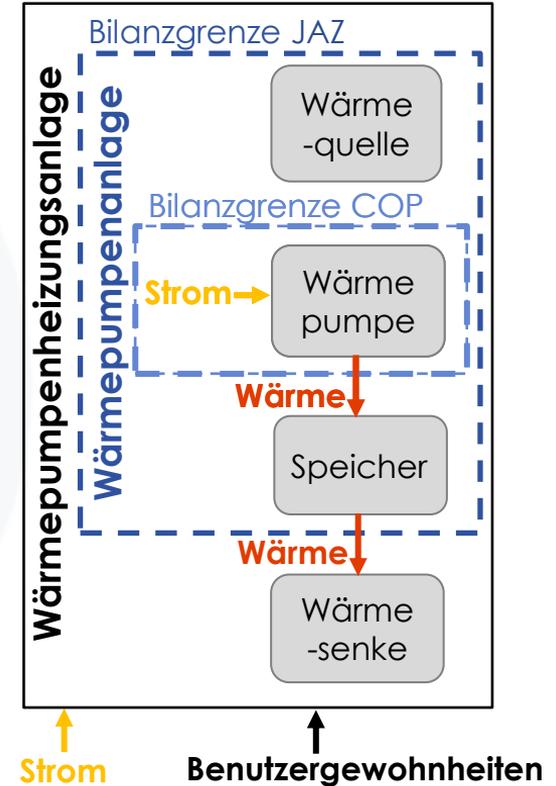
$$\text{COP} = \frac{\text{Heizwärmeleistung [kW]}}{\text{Antriebsleistung [kW]}}$$

Jahresarbeitszahl (JAZ):

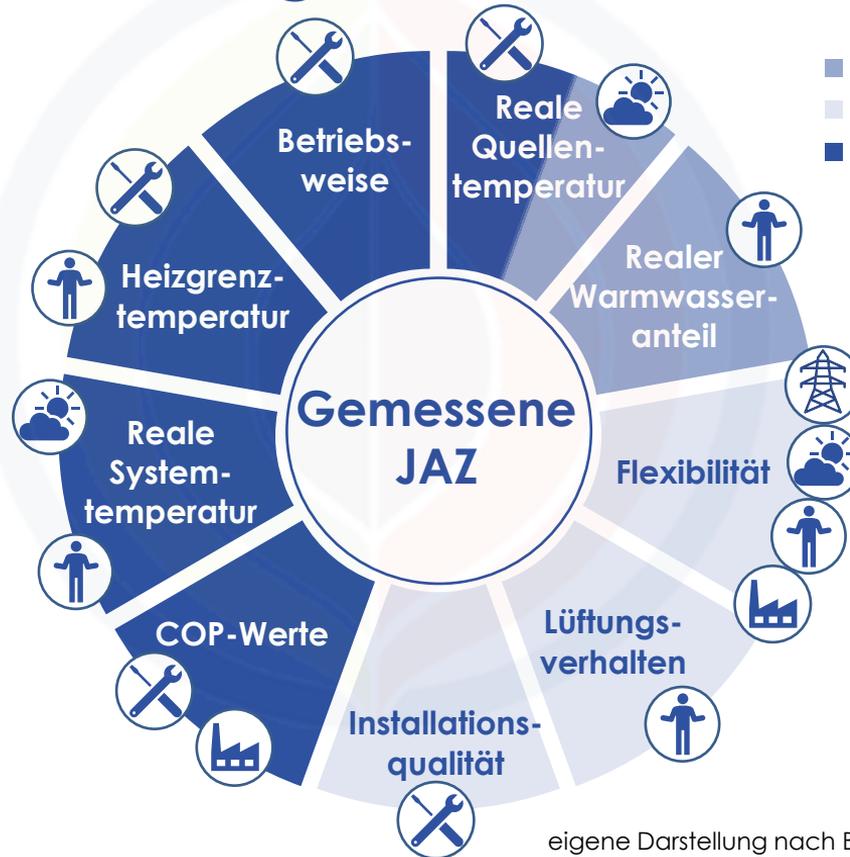
Effizienz des Gesamtsystems, inklusive Hilfsenergie

≙ tatsächlicher Verbrauch Auto

$$\text{JAZ} = \frac{\text{erzeugt Heizwärme} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right)}{\text{Antriebsenergie} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{a}} \right)}$$



Einflussgrößen auf die Effizienz von Wärmepumpenanlagen

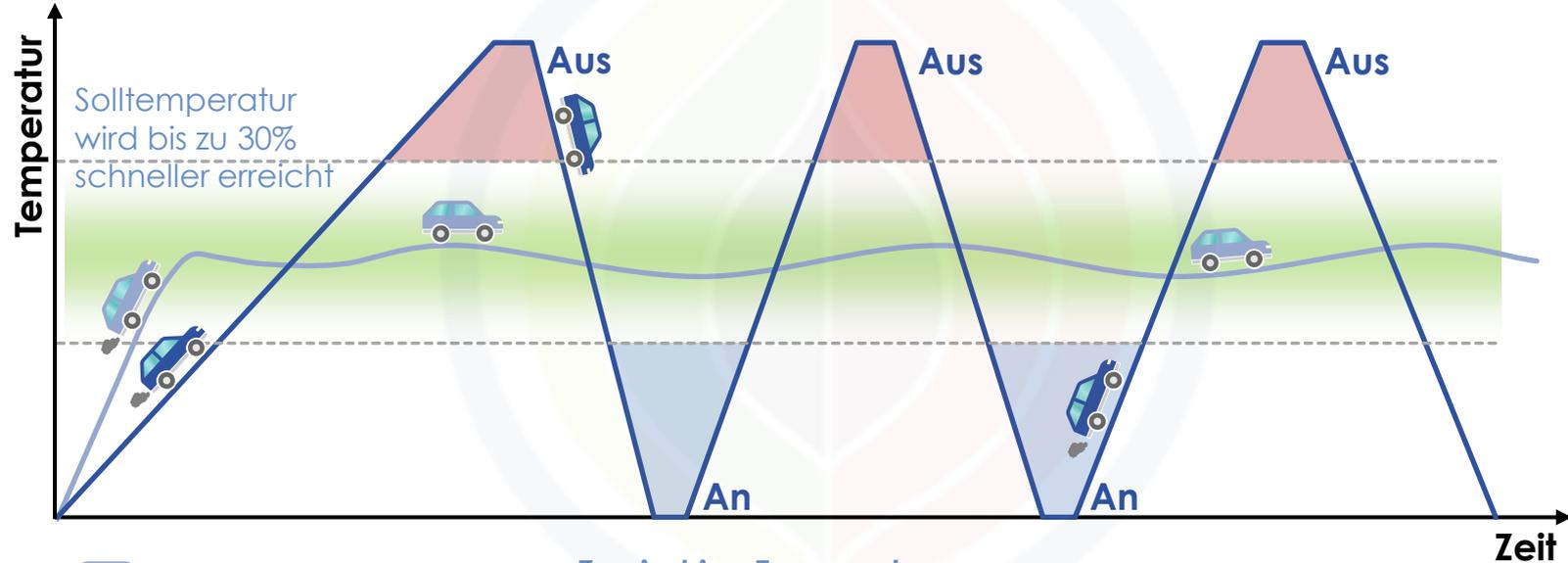


- externe Faktoren
- nicht in VDI 4650 abgebildet
- reale Betriebsweise

Beinflussbar durch:

-  den Hersteller
-  den Handwerker
-  den Verbraucher
-  das Wetter
-  den Energieversorger

Inverter-Wärmepumpe



Inverter



On-Off-Gerät

 Zu niedrige Temperatur
(unkomfortabel)

 Zu hohe Temperatur
(unkomfortabel)

 komfortable Temperatur

Modernisierungsmaßnahmen im Bestand

„Bundesförderung für effiziente Gebäude“ BEG

Sanierung mit Effizienzhaus-Niveau

Wohngebäude (BEG WG)
Nichtwohngebäude (BEG NWG)

Keine Neuerungen!

Einzelmaßnahmen (EM)

Einfache Sanierungs- und Kombinationsmaßnahmen
(Bauantrag/Bauanzeige mind. vor 5 Jahren,
überwiegend Gebäudewärme)

Heizungsmodernisierung

Effizienzmaßnahmen

- Gebäudehülle
- Anlagentechnik
- Heizungsoptimierung

Energetische Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen für alle Maßnahmen

BEG EM 2024 – Heizungsmodernisierung

30 % Grundförderung

Für Umstieg auf Erneuerbares Heizen

Bis zu 20 % Geschwindigkeitsbonus

bei frühzeitige Umstieg auf EE bis Ende 2028 (ab 2029 abschmelzend um zweijährig 3%) für selbstnutzende Eigentümer*innen bei Austausch von Öl-, Kohle- oder Nachspeicher-Heizungen sowie von Gas- und Biomasseheizungen (mind. 20 Jahre alt)

bis zu 70 % Gesamtförderung

Kumulierung der Boni, im Falle der selbstnutzenden Eigentümer beträgt diese 70 %

30 % Einkommensabhängiger Bonus

für selbstnutzende Eigentümer*innen mit zu versteuerndem Haushaltseinkommen bis 40.000 €/a

5 % Innovationsbonus WP

für Wärmepumpe, die natürl. Kältemittel oder Erd-, Wasser- oder Abwasserwärme nutzen

Emissionsminderungszuschlag Biomasse

+ 2.500 Euro, wenn Staub < 2,5 mg/Nm³

- **Max. förderfähige Investitionskosten** von **30.000 €** für die erste WE, zweite bis sechste WE 15.000 €, ab siebten WE 8.000 € **alleinig für die Heizung**
- **Neu:** Ergänzungskredit (bis 120.000 € je Wohneinheit)
(Zinsverbilligt für Bürger*innen mit Haushaltseinkommen bis 90.000 €/a)

BEG EM 2024 – Heizungsmodernisierung

Anlagen zur Wärmeerzeugung	Grundförderung	Effizienz-Bonus	Klimageschwindigkeitsbonus	Einkommens-Bonus
Solarthermische Anlage	30 %	-	max. 20 % ¹	30 %
Biomasseheizung mit Solarenergie/WP	30 % ²	-	max. 20 % ¹	30 %
Biomasseheizung Neu!	30 % ²	-	-	30 %
Wärmepumpen	30 %	5%	max. 20 % ¹	30 %
Anschluss an Gebäude-/Wärmenetz	30 %	-	max. 20 % ¹	30 %
Errichtung/Erweiterung Gebäudenetz max. 16 Gebäude oder 100 Wohneinheiten	30 %	-	max. 20 % ¹	30 %
Brennstoffzellenheizung/ innovative Heizungstechnik	30 %	-	max. 20 % ¹	30 %
Wasserstofffähige Heizung (Investitionsmehrausgaben) Neu!	30 %	-	max. 20 % ¹	30 %
Provisorische Heizung bei Defekt Neu!		Mietkosten von einem Jahr bei Antragstellung		
Fachplanung und Baubegleitung	50 %	WG: ff. Kosten 5.000 Euro bei EFH/ZFH, 2.000 Euro/WE		

¹ Klima-Bonus: bis 2028 20 %, 2029 noch 17 %, sinkt alle 2 Jahre um 3 %.

² Emissionsbonus: +2.500 Euro, wenn Staub < 2,5 mg/Nm³

Energie-Effizienz-Experte nur bei Gebäudenetzen notwendig!

BEG EM 2024 - Heizungsmodernisierung

Förderfähige Kosten

- Direkt mit dem Heizungstausch verbundene Materialkosten
- Kosten für den fachgerechten Einbau und die Installation
- Kosten für die Inbetriebnahme der Anlage
- Kosten der erforderlichen Umfeldmaßnahmen (z.B. Malerkosten, Putz)
- Kosten des hydraulischen Abgleichs

Ausführlich im
BAFA-Infoblatt zu
den förderfähigen
Kosten

Förderprogramme

Steuerermäßigung für Sanierung → §35c EStG

Nicht
kumulierbar
mit BEG!

Was wird gefördert

- gültig vom 01.01.2020 bis 31.12.2029
- Privatpersonen für selbstgenutzte Wohngebäude älter als 10 Jahre
- max. 200.000 € förderfähige Kosten pro Objekt, Steuerermäßigung auf Einkommenssteuer über 3 Jahre verteilt

Über 3 Jahre: 20 %¹ (max. 40.000 €)

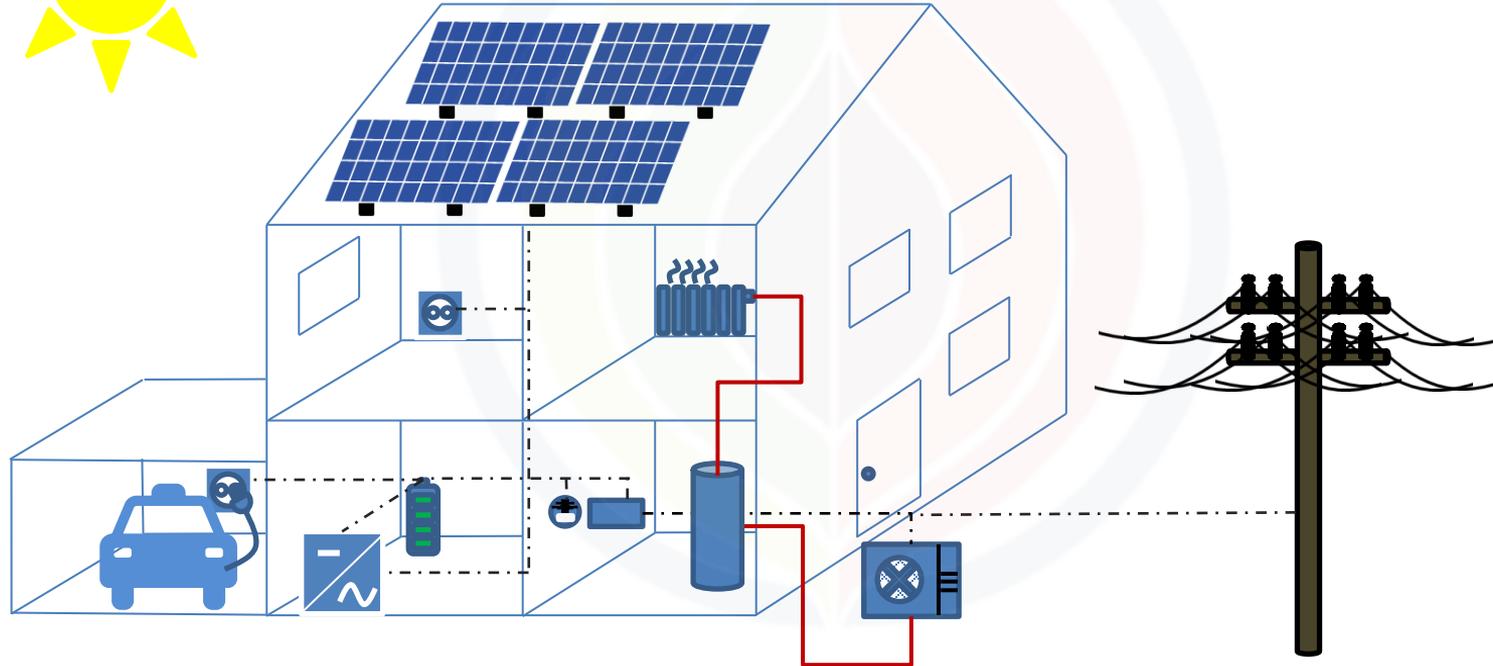
1. Jahr: 7 %¹
(max. 14.000 €)

2. Jahr: 7 %¹
(max. 14.000 €)

3. Jahr: 6 %¹
(max. 12.000 €)

¹ Prozentsätze beziehen sich auf die förderfähigen Kosten für die beantragte Maßnahme

Intelligentes Energiemanagementsystem 1



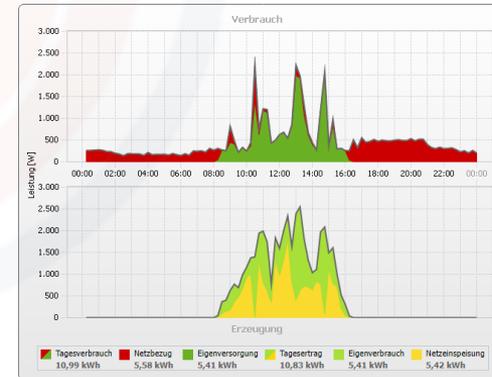
Eigene Darstellung

Intelligentes Energiemanagementsystem 2

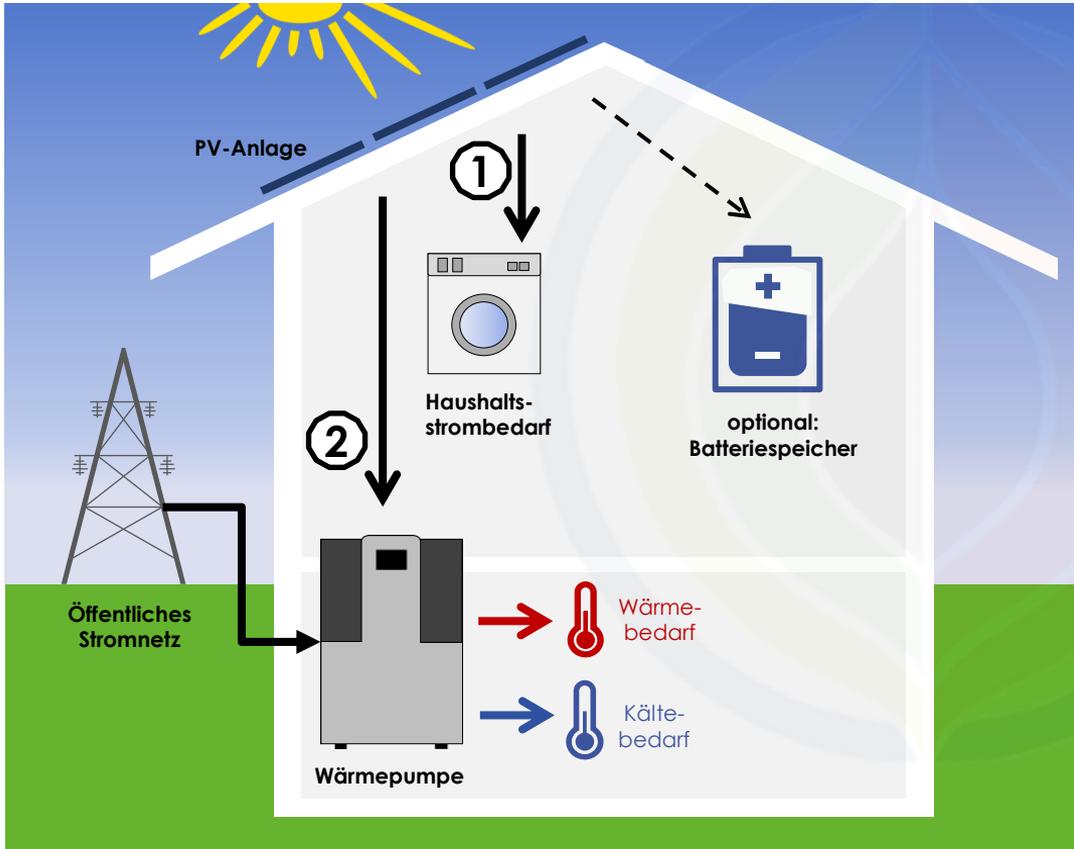
Funktionen:

1. Misst kontinuierlich:
 - PV-Erzeugung
 - Verbrauch
2. Steuert dynamisch:
 - Wallbox
 - Wärmepumpe
 - Andere steuerbare Lasten

→ **Steigert Eigenverbrauch!**



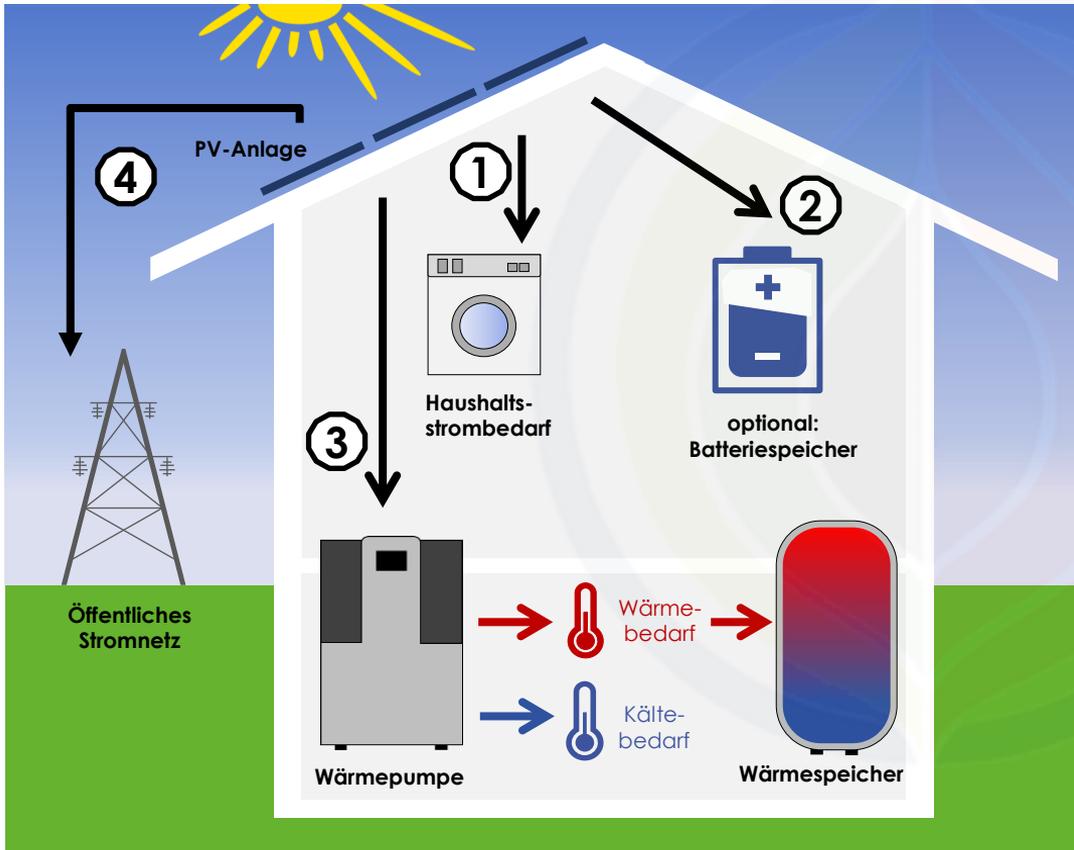
Energiemanagement PV+Wärmepumpe



Szenario 1:

- PV-Strom Erzeugung
- Wärmepumpe aktiv

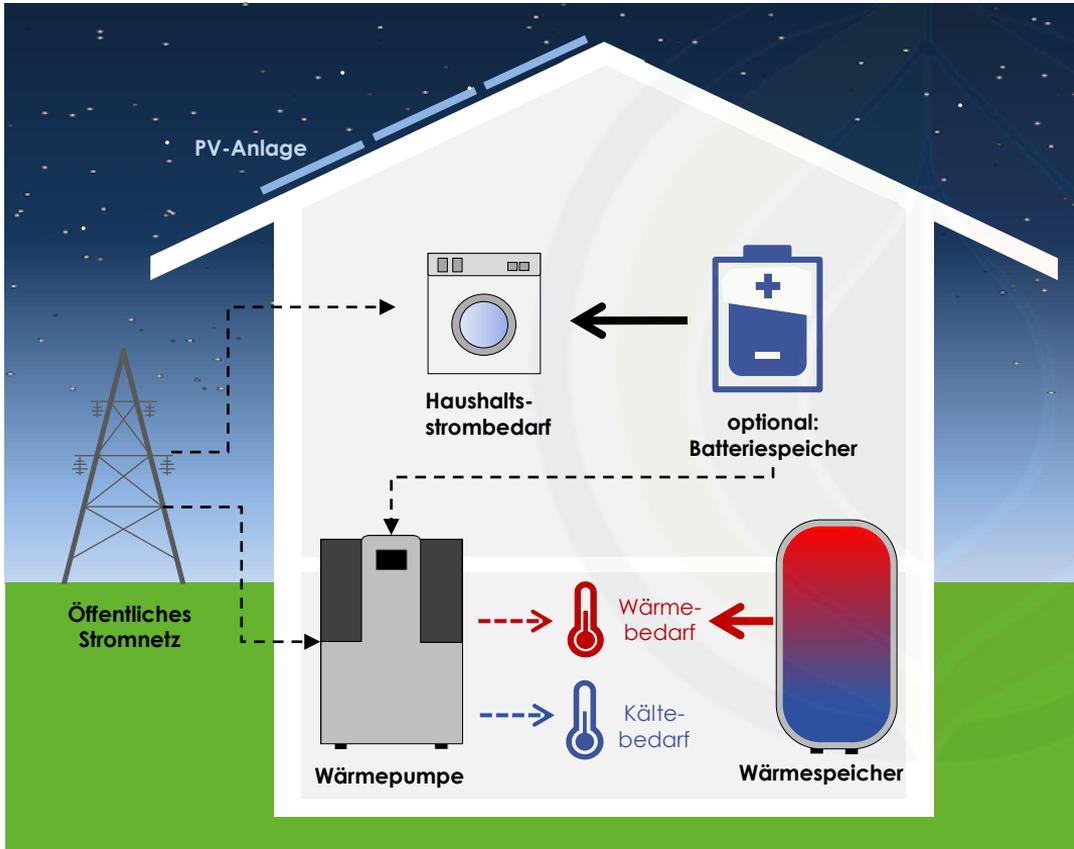
Energiemanagement PV+Wärmepumpe



Szenario 2:

- hohe PV-Strom Erzeugung
- Wärmebedarf gedeckt

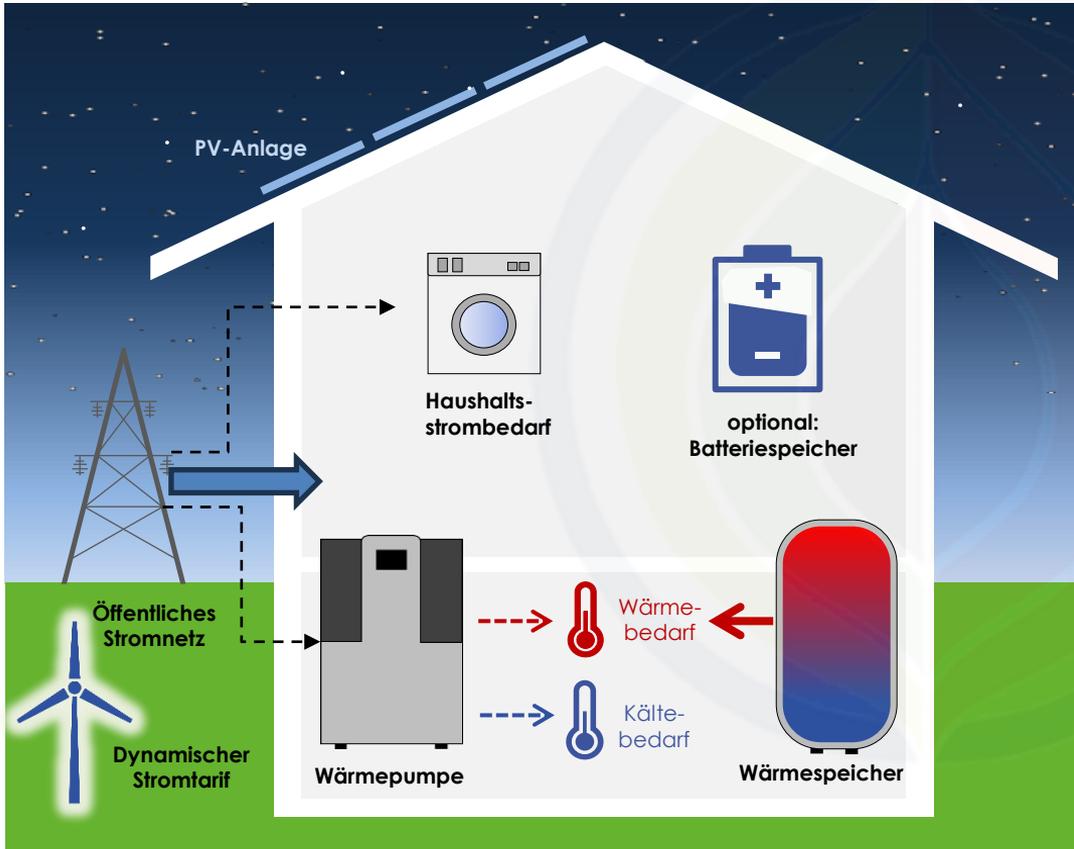
Energiemanagement PV+Wärmepumpe



Szenario 3:

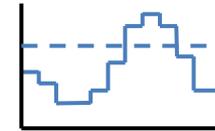
- keine PV-Strom Erzeugung
- (zum Teil) geladener Strom- und Wärmespeicher

Energiemanagement PV+Wärmepumpe

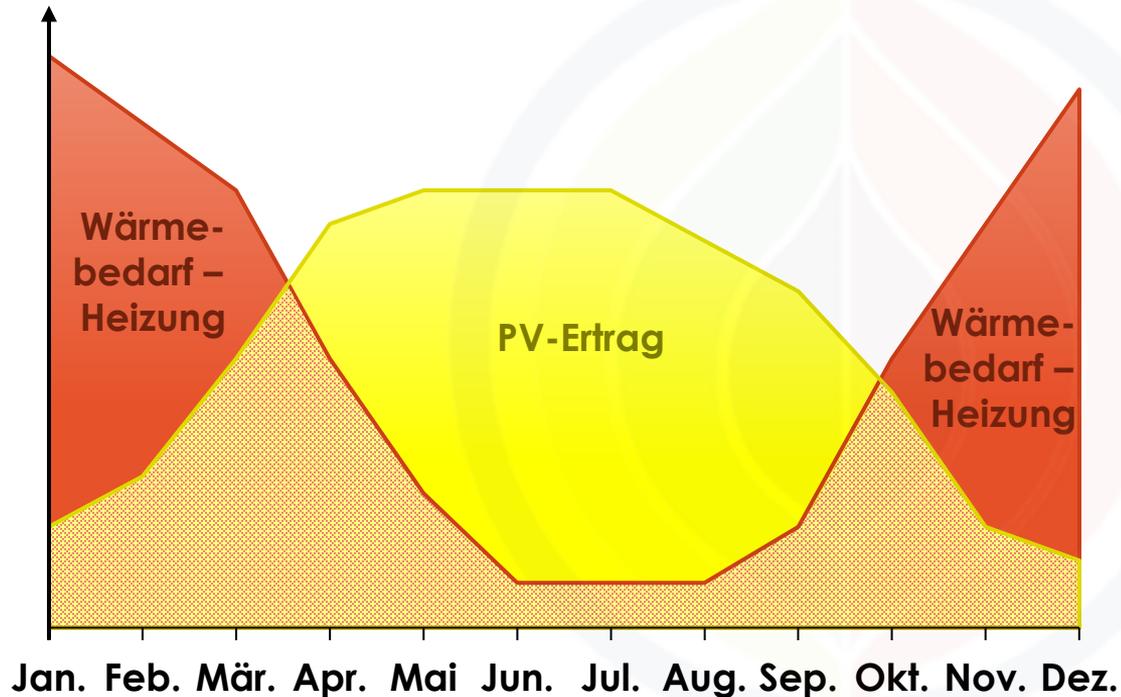


Szenario 4:

- keine PV-Strom Erzeugung
- (zum Teil) geladener Strom- und Wärmespeicher
- Dynamischer Stromtarif: Niedrige Strompreise z.B. bei viel Wind im Winter

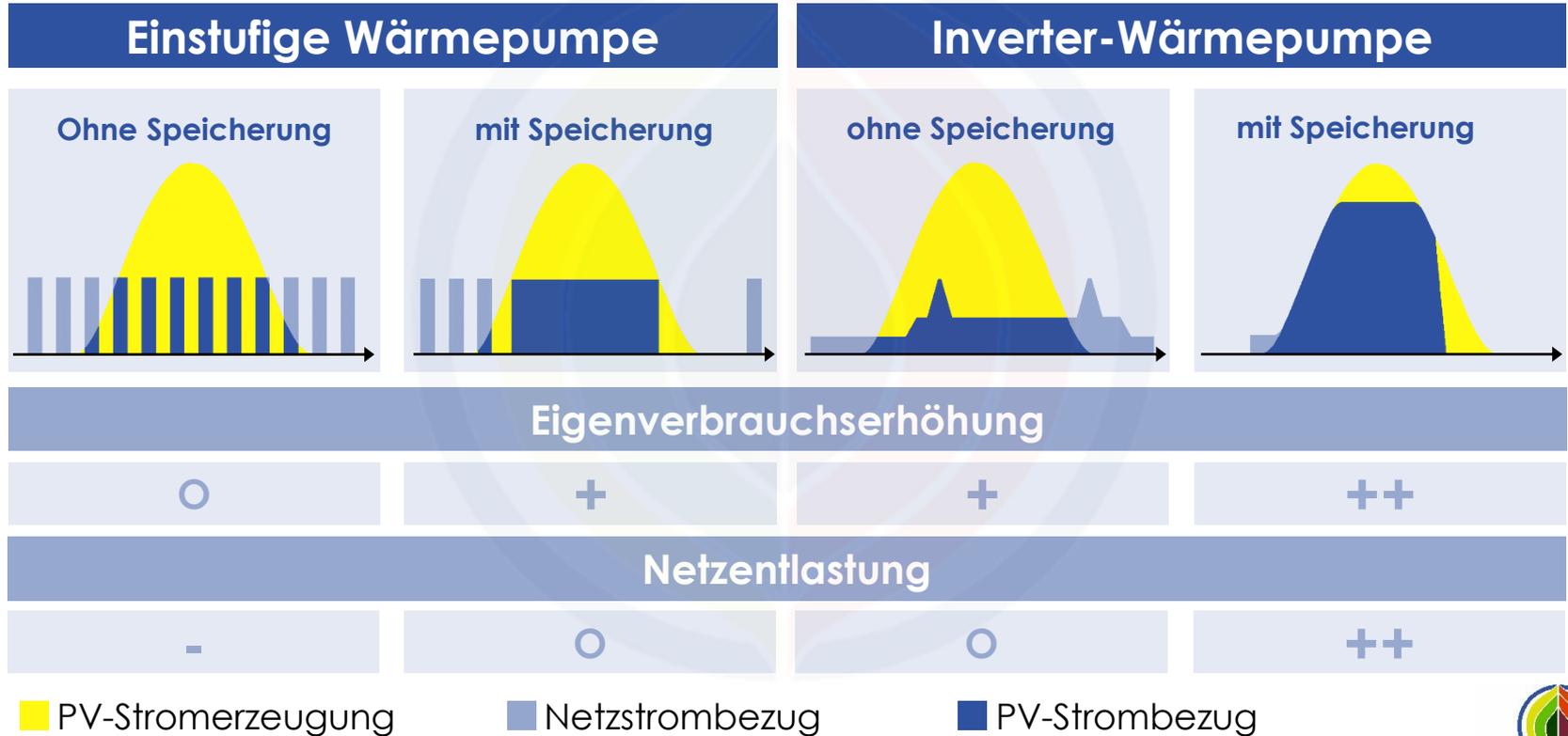


Einsparpotenzial

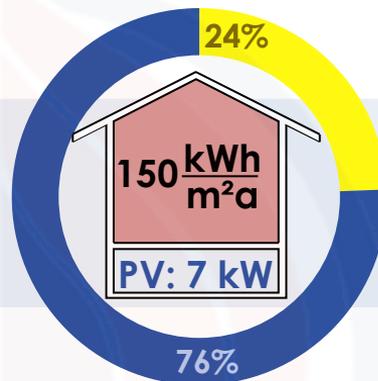
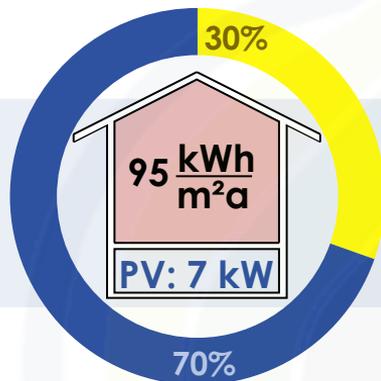
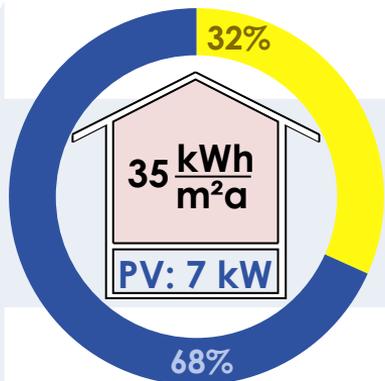


- Sonne und heizen passen nicht optimal zusammen
- Potenzial vor allem in Übergangsmonaten bzw. beim Kühlen im Sommer
- Eigenverbrauchssteigerung \emptyset 15-20%

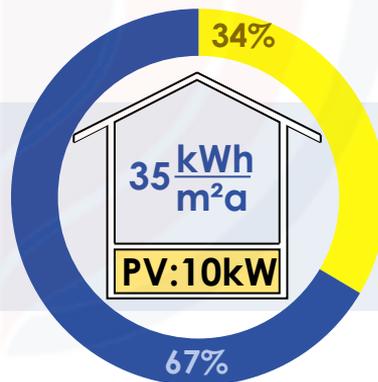
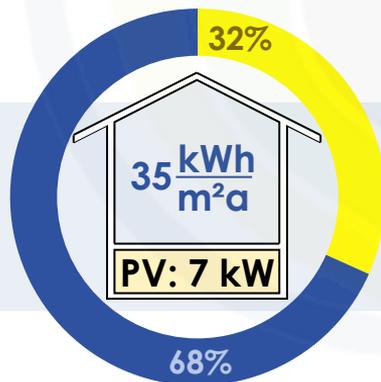
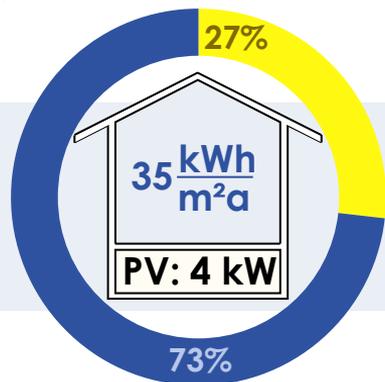
Kombination PV und Wärmepumpe



Einflussfaktoren auf Deckungsbeiträge



↓ Wärmebedarf Gebäude
↓
↑ Deckungsbeitrag PV-Strom



↑ PV-Anlagengröße
↓
↑ Deckungsbeitrag PV-Strom

 PV-Strombezug

 Netz-Strombezug

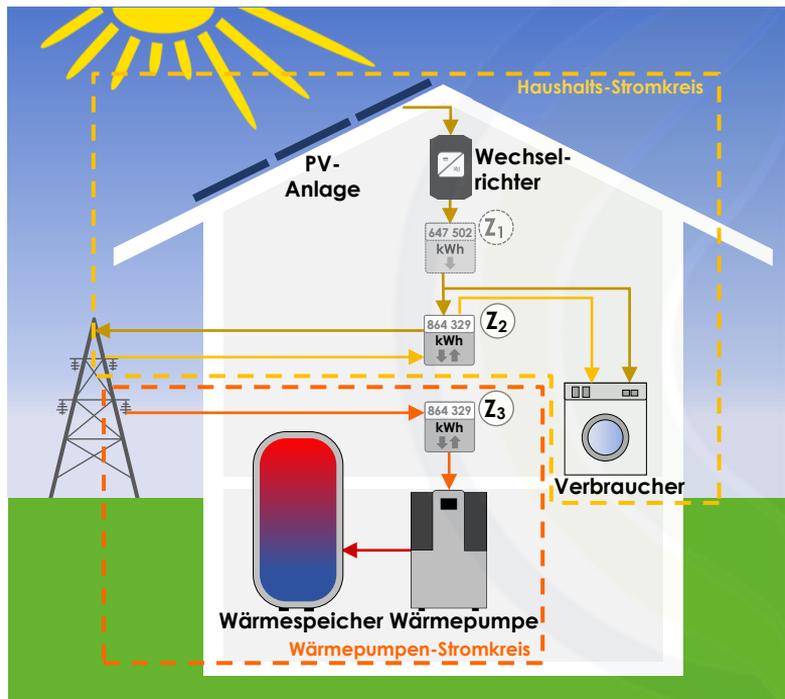
Quelle: eigenen Darstellung nach Simulation über SUSI
(Annahmen: 4-Personen; 140 m²; 4.000 kWh Strombedarf Haushalt; JAZ: 4)



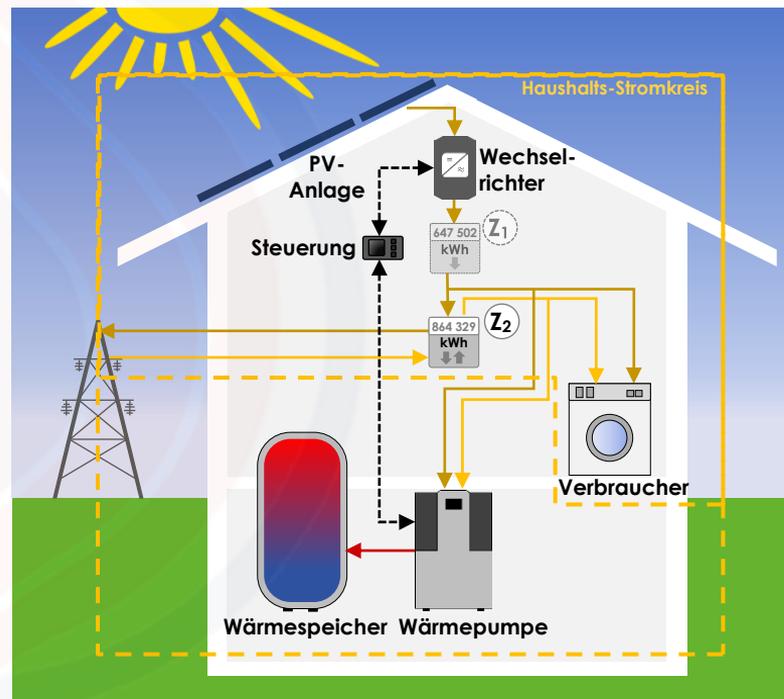
C.A.R.M.E.N.

Möglichkeiten der Systemkombination

1. PV-Anlage mit WP (ohne WP-Tarif)



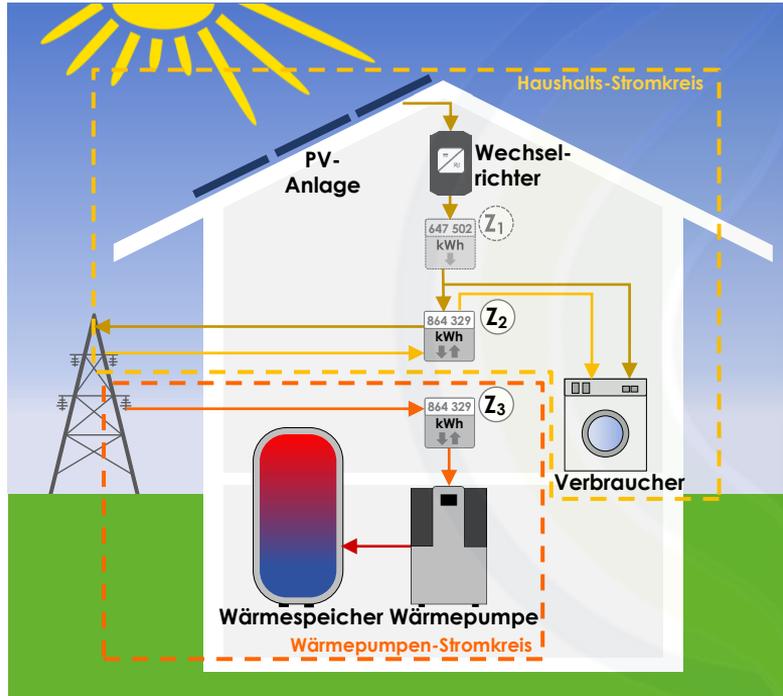
Getrennte Systeme



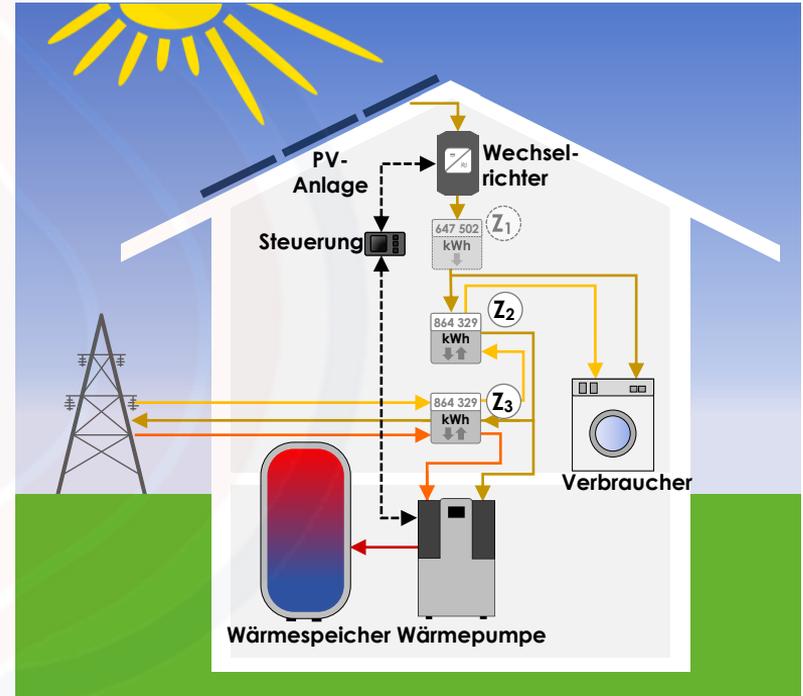
Systemkombination

Möglichkeiten der Systemkombination

2. PV-Anlage mit WP (mit WP-Tarif)



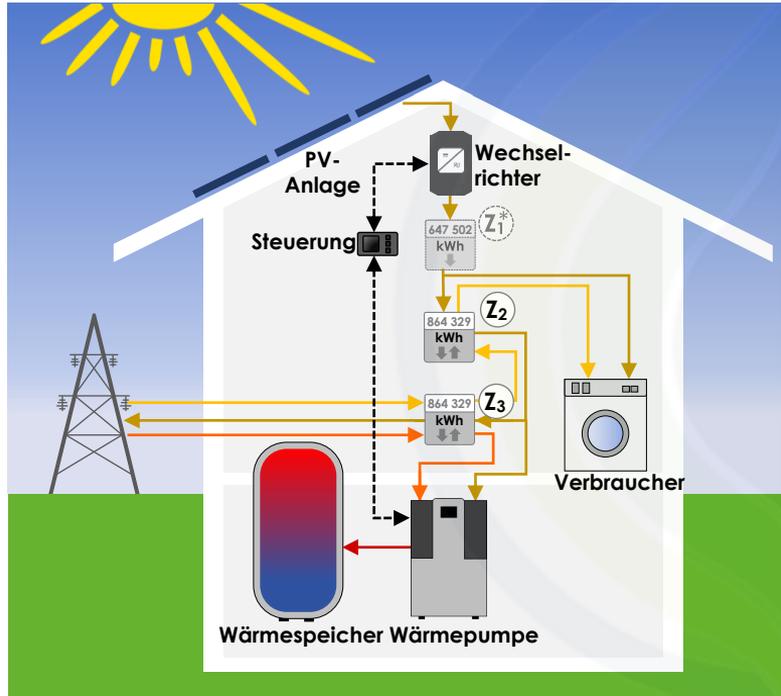
Getrennte Systeme



Systemkombination

Systemkombination

2. PV-Anlage mit WP (mit WP-Tarif)



Voraussetzungen:

- Zähler für Ihren Haushaltsstrom und Wärmepumpe befinden sich an einer Stelle (z.B. in Ihrem Stromverteilerkasten)
- Einverständnis des Netzbetreibers nötig

Abrechnung:

- **Bezug Wärmepumpe:** $Z_{3B} - Z_{2B}$
- **Bezug Haushalt:** Z_{2B}
- **Netzeinspeisung:** Z_{3L}

* ggf. zur Ermittlung der Eigenversorgung gesetzlich erforderlich; Anlagen > 30 kWp oder Eigenversorgung > 30.000 kWh

Wann ist diese Kaskadenschaltung sinnvoll?

Beispiel: Neubau

Strombedarf WP:	2.500 kWh/a	Haushaltstarif :	0,32 €/kWh
Deckungsanteil PV:	30 %	Wärmepumpen-Tarif:	0,28 €/kWh
Netzstrombezug WP:	1.750 kWh/a	Gebühr WP-Zähler:	120 €

Kosten Netzstrombezug:

1. über Haushaltstarif: 560 €/a
 2. Wärmepumpentarif: 610 €/a
- Kaskadenschaltung wirtschaftlich nicht sinnvoll, Verzicht auf WP-Tarif wirtschaftlicher (auch bei 0% PV-Deckungsanteil)

Wann ist diese Kaskadenschaltung sinnvoll?

Beispiel: Bestand

Strombedarf WP:	8.000 kWh/a	Haushaltstarif :	0,32 €/kWh
Deckungsanteil PV:	20 %	Wärmepumpen-Tarif:	0,28 €/kWh
Netzstrombezug WP:	6.400 kWh/a	Gebühr WP-Zähler:	120 €

Kosten Netzstrombezug:

1. über Haushaltstarif: 2.048 €/a
 2. Wärmepumpentarif: 1.912 €/a
- Kaskadenschaltung wirtschaftlich sinnvoll

Schnittstellen zwischen den Systemen

Wärmepumpenseite: SG-Ready-Label

- Schnittstelle zur Einbindung in intelligente Stromnetze (SG = Smart Grid)
- definiert vom Bundesverband Wärmepumpen (BWP) e.V.
- **Funktion bei Warmwasser-WP:**
 - Erhöhung Warmwasser-Solltemperatur → thermische Speicherung
- **Funktion bei Heizungs-WP:**
 - Schaltzustand 1: WP ausschalten
 - Schaltzustand 2: Normalbetrieb
 - Schaltzustand 3: Verstärkter Betrieb
 - Schaltzustand 4: definitiver Betrieb



*Quelle: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.

Schnittstellen zwischen den Systemen

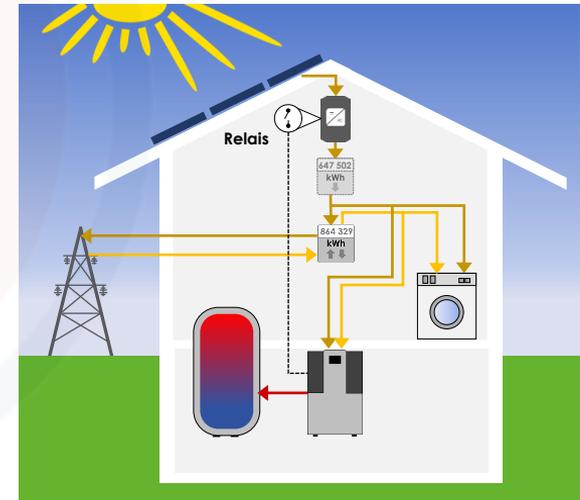
PV-Seite: potentialfreies Relais am Wechselrichter

- Relais erzeugt Signal wenn PV-Anlage eine bestimmte Leistung überschreitet
Schwellwert = \emptyset Leistung Haushalt + Leistung Wärmepumpe

→ Schnittstelle an Wärmepumpe reagiert darauf

Vorteil:

- Kostengünstige und unkomplizierte Realisierung (auch bei bereits vorhandenen Anlagen)
- Betrieb ohne zusätzliche Maßnahmen möglich (z. B. kein Internetanschluss nötig)



Schnittstellen zwischen den Systemen

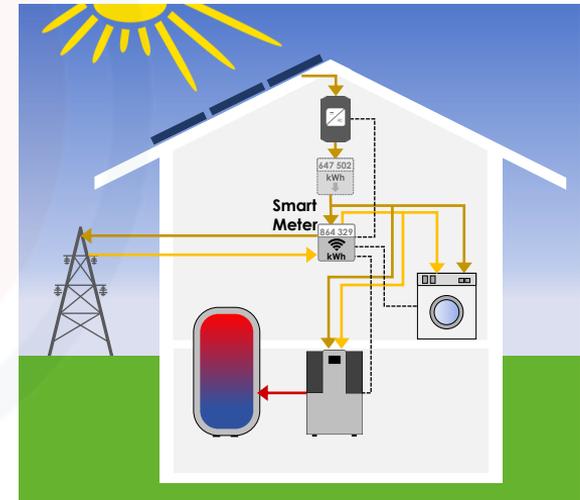
PV-Seite: Smart-Meter-Gateway

- Ansteuerung statt über Wechselrichter über intelligenten Stromzähler (Smart Meter)

Schwellwert = **aktuelle Leistung Haushalt** + Leistung Wärmepumpe

Vorteil:

- Schaltet nur wenn tatsächlich genügend Leistung für alle Verbraucher vorhanden ist;
- Netzstrom Bezug bei verstärktem Betrieb der Wärmepumpe wird vermieden



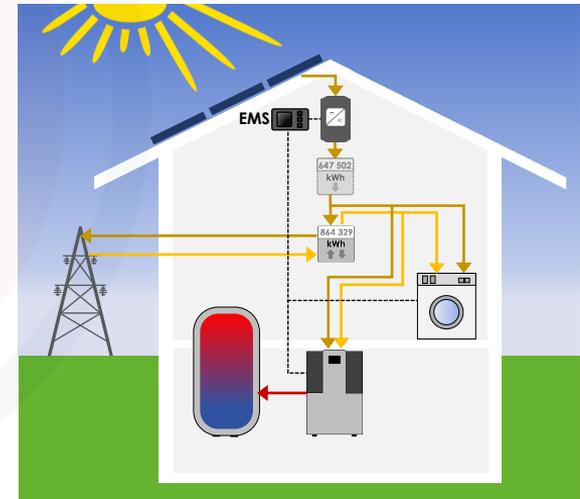
Schnittstellen zwischen den Systemen

PV-Seite: Energie-Management-System (EMS)

- Nutzt Betriebsverhalten von Verbrauchern
- Erstellt Ertragsprognosen und steuert wann welcher Verbraucher angeschaltet wird
- Kommunikation z. B. über WLAN/LAN

Vorteil:

- Maximierung des Eigenverbrauchanteils durch Optimierung des Verbraucherverhaltens



Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien

Vortragsunterlagen

Vortragsunterlagen abrufbar unter:

<https://www.carmen-ev.de/termine/veranstaltungsunterlagen/>

C.A.R.M.E.N.-WebSeminar „Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien“



[C.A.R.M.E.N.-WebSeminar „Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien“](#) **DOWNLOAD**

1 Dateien | 12.00 KB

Passwort: WP+PV

C.A.R.M.E.N.-Veranstaltungen

C.A.R.M.E.N.-WebSeminar

„Nachhaltig heizen mit Holz“ 20.02.2024 | 16:00 Uhr | Online

C.A.R.M.E.N.-WebSeminar

„Energiesparen im Haushalt“ 22.02.2024 | 19:00 Uhr | Online

C.A.R.M.E.N.- WebSeminar-Reihe „Energetische Gebäudemodernisierung“

- Teil 1: „Gebäudehülle“ 27.02.2024 | 17:00 Uhr | Online

- Teil 2: „Heiztechnik 1“ 28.02.2024 | 17:00 Uhr | Online

- Teil 3: „Heiztechnik 2“ 29.02.2024 | 17:00 Uhr | Online

www.carmen-ev.de

Wärmepumpe trifft Photovoltaik – Heizen mit Erneuerbaren Energien

Webseminar, 06.02.2024

**Lassen Sie uns gemeinsam die Energiewende
voranbringen!**

C.A.R.M.E.N. e.V.
Schulgasse 18, 94315 Straubing
Tel: 09421/960-300

contact@carmen-ev.de

www.carmen-ev.de