

Energiewende Privat

Georgensgmünd, 26.03.2025

Wärme, Strom und Mobilität im Eigenheim

Alois Hadeier

PARTNER

TEAM ENERGIEWENDE BAYERN



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



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

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

Centrales **Agrar-Rohstoff Marketing-** und **Energie-Netzwerk** e.V.

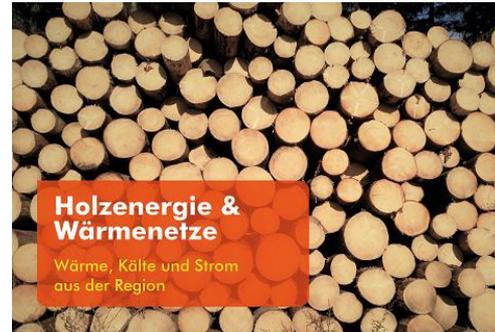


Koordinierungsstelle für Nachwachsende Rohstoffe, Erneuerbare Energien und nachhaltige Ressourcennutzung.

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.



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



Sachverständigenrat
Bioökonomie Bayern

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



Beratung und Koordination

Biomasse / NawaRo
Erneuerbare Energien
Energieeffizienz

Erstinformation
Fördermöglichkeiten

Öffentlichkeitsarbeit

Publikationen
Vorträge
Veranstaltungen
Exkursionen
Messen
Internetauftritt

Technologie- und
Informationstransfer

Vernetzung

Mitarbeit in Verbänden
Vernetzen von Betreibern

Begutachtung,
Betreuung und
Evaluierung
einschlägiger Projekte

Energiewende privat – Erneuerbare Energien im Privathaushalt

1. Aktuelle Situation

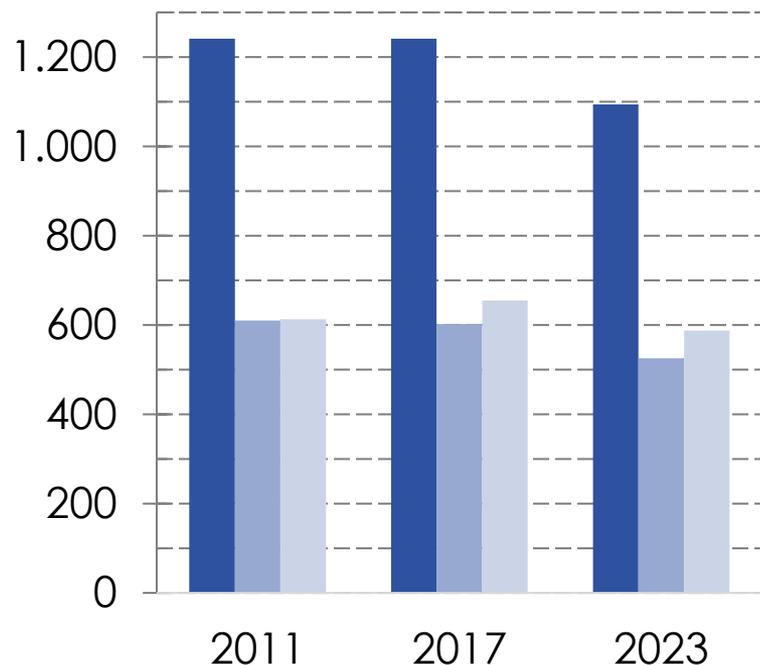
2. Photovoltaik und Eigenverbrauchsoptimierung

3. Solarstrom für Wärme und Mobilität

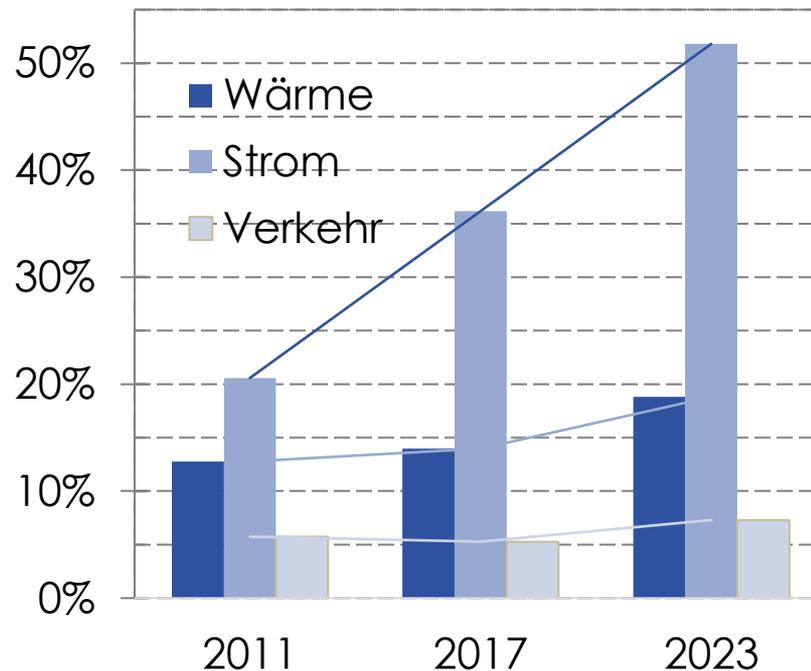


Wie weit sind wir bei der Energiewende?

Bruttoenergiebedarfe in TWh

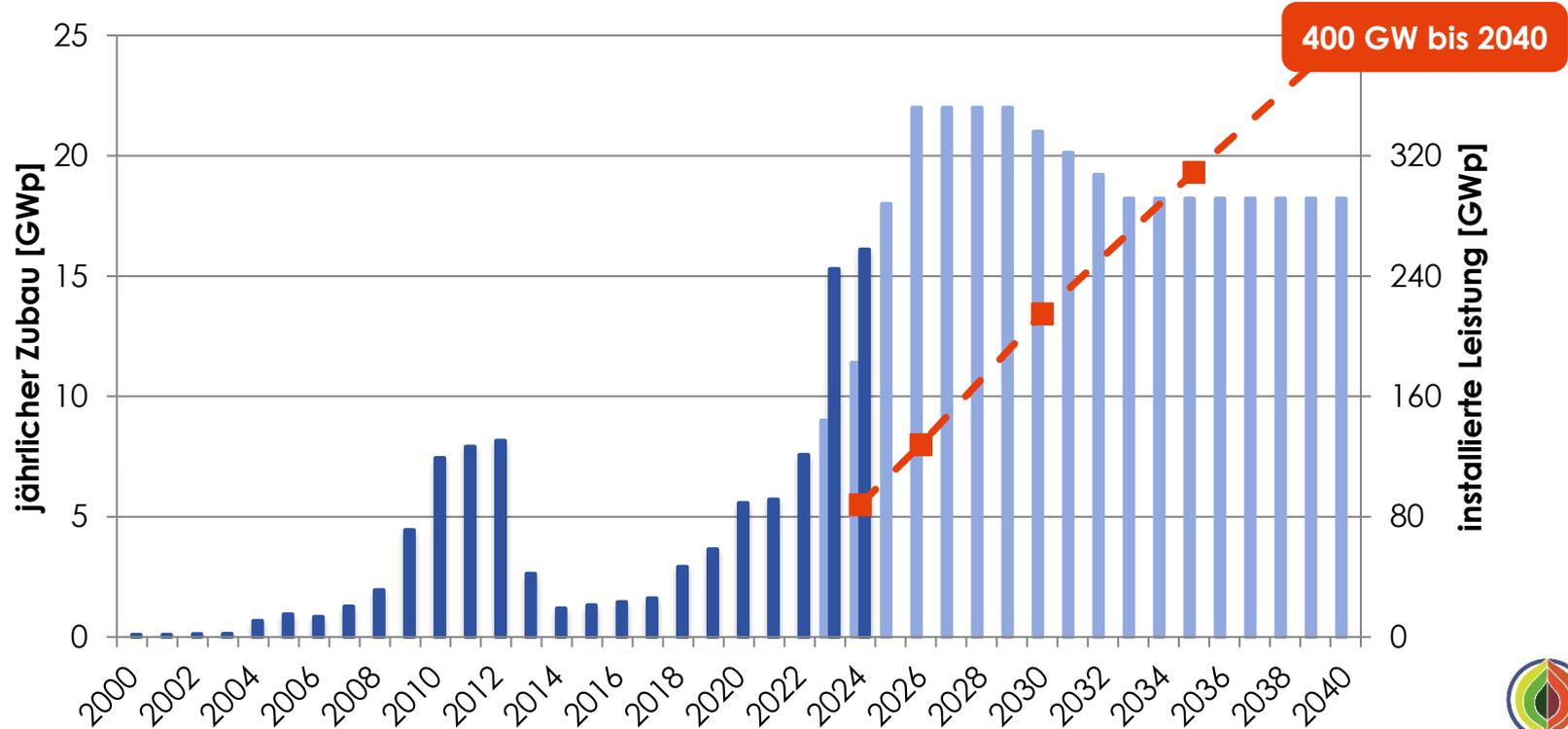


Anteil erneuerbarer Energien an Bruttoenergiebedarfen



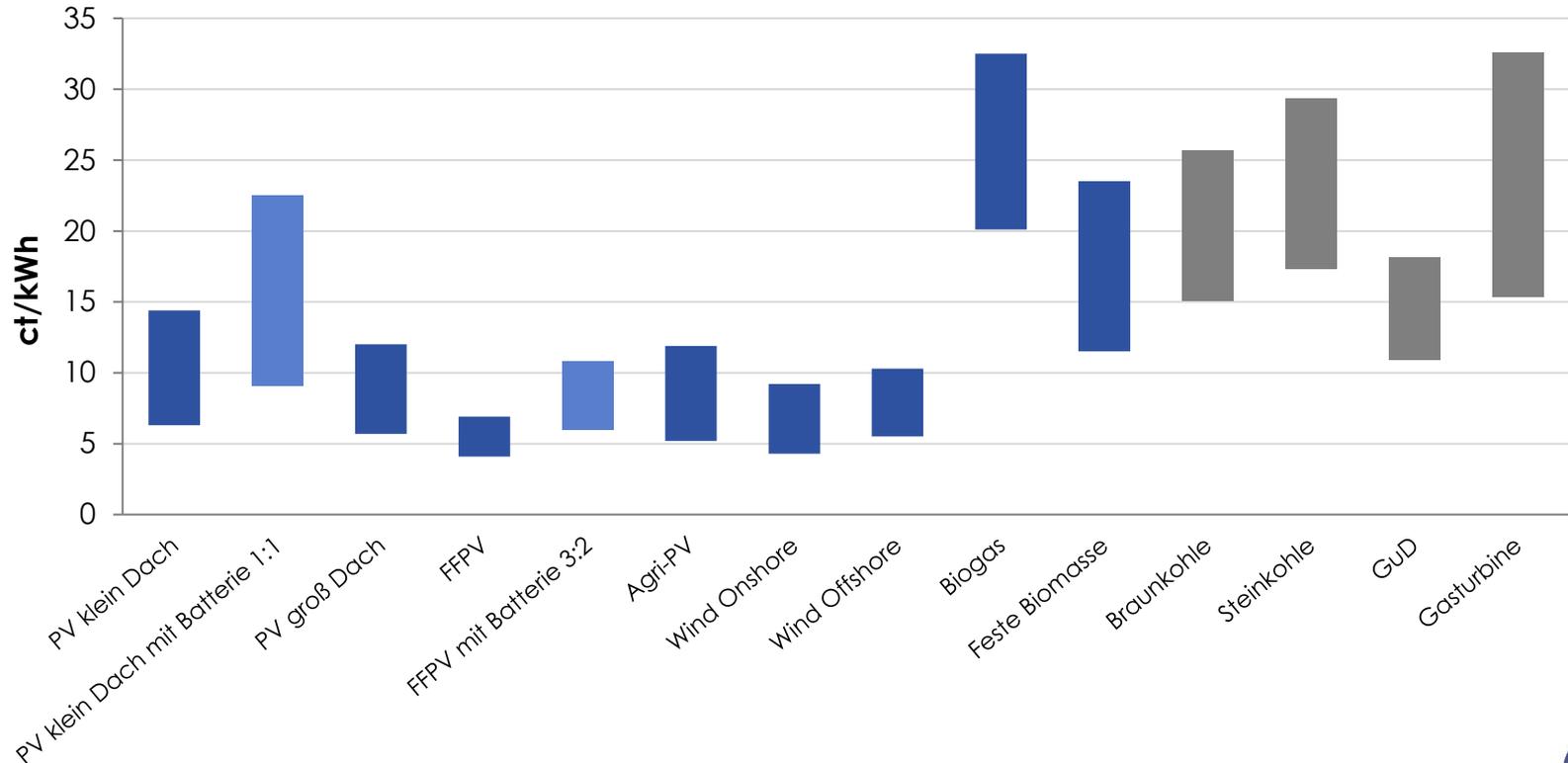
Ausbauziele Photovoltaik

Erforderlicher Zubau zur Erreichung der Ziele nach § 4 EEG



Eigene Darstellung nach BNetzA, § 4 EEG 2023

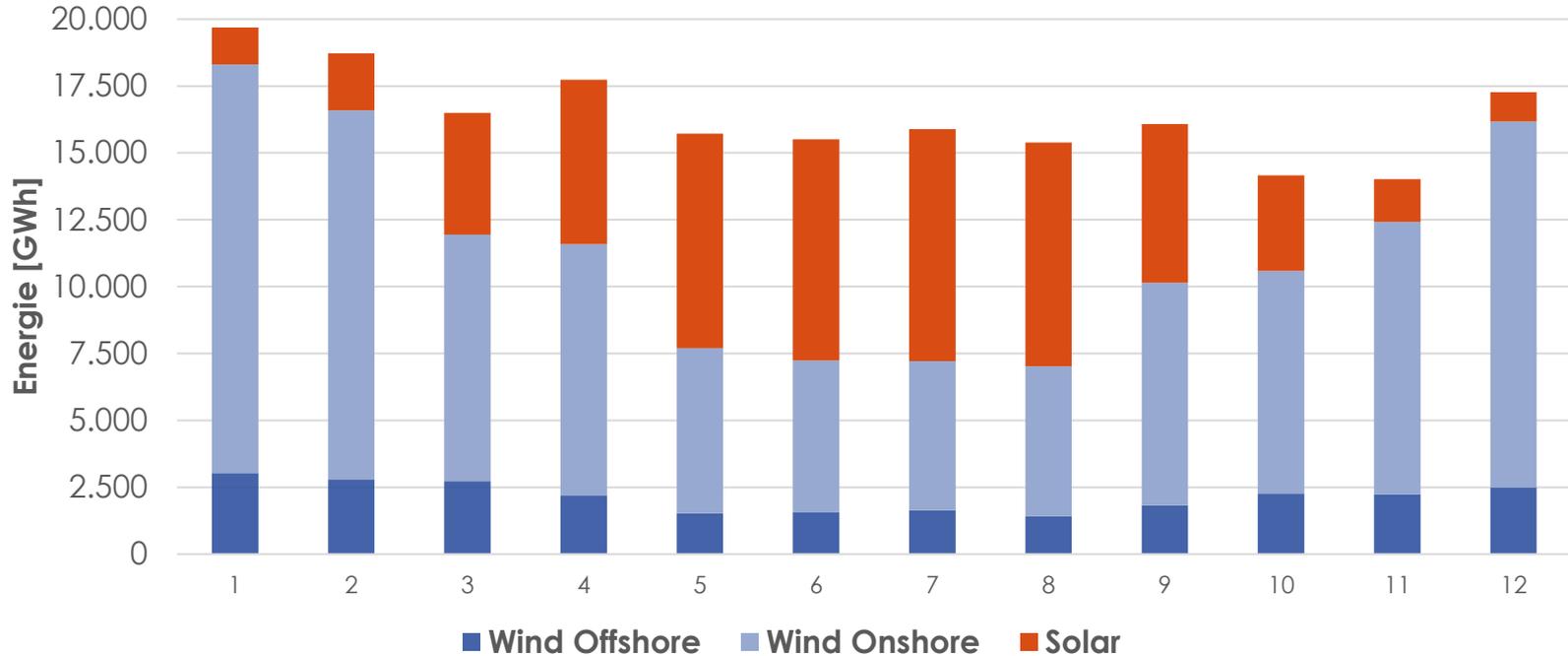
Stromgestehungskosten nach Energieträger



Quelle: Eigene Darstellung nach Daten <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html> (Juli 2024)

Wind- und Solarstromerzeugung 2024

Monatliche Erzeugung 2024



Energiewende privat – Erneuerbare Energien im Privathaushalt

1. Aktuelle Situation

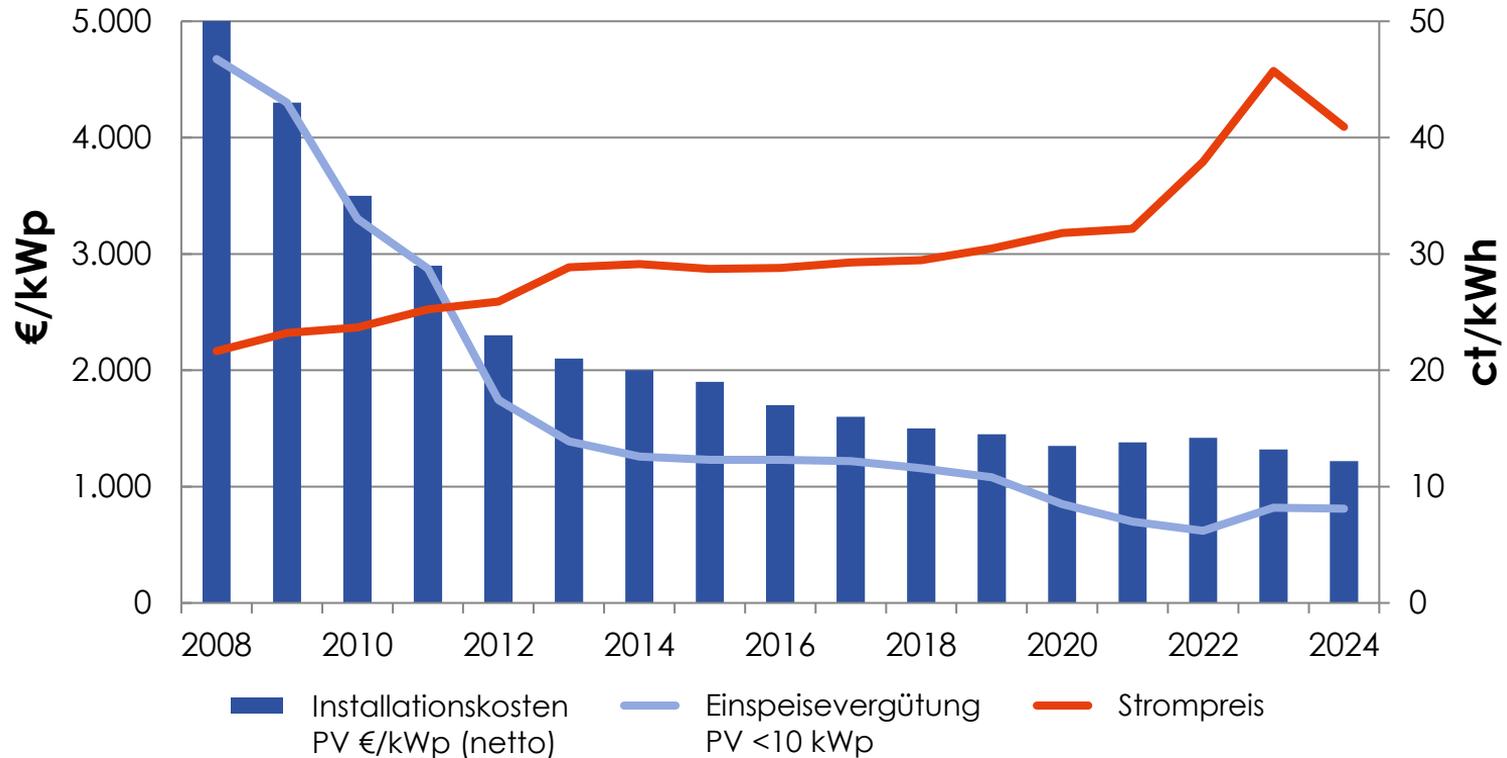
2. Photovoltaik und Eigenverbrauchsoptimierung

3. Solarstrom für Wärme und Mobilität



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 2025 – Juli 2025

Überschusseinspeisung

Volleinspeisung

	Anlagen auf Gebäuden und Lärmschutzwänden		Sonstige Anlagen	
Anzulegender Wert in ct/kWh	≤ 10 kW _p	≤ 40 kW _p	≤ 100 kW _p	≤ 100 kW _p
	7,94*	6,88*	5,62*	6,39*

	Anlagen auf Gebäuden und Lärmschutzwänden		Sonstige Anlagen
Anzulegender Wert in ct/kWh	≤ 10 kW _p	≤ 100 kW _p	≤ 100 kW _p
	12,60*	10,56*	6,39*

* Vermarktungsprämie in Höhe von 0,4 ct/kWh bereits abgezogen, Pflicht zur Direktvermarktung ab 100 kW_p
Keine Berücksichtigung der Erhöhung um 1,5 ct/kWh für Anlagen ab 40 kW_p aus dem Solarpaket 1, da beihilferechtliche Genehmigung durch EU-Kommission noch aussteht

Das „Solarspitzengesetz“ 2025

Auswirkungen auf Anlagen unter 100 kWp

Gültig für Neuanlagen mit Inbetriebnahme ab 25. Februar 2025

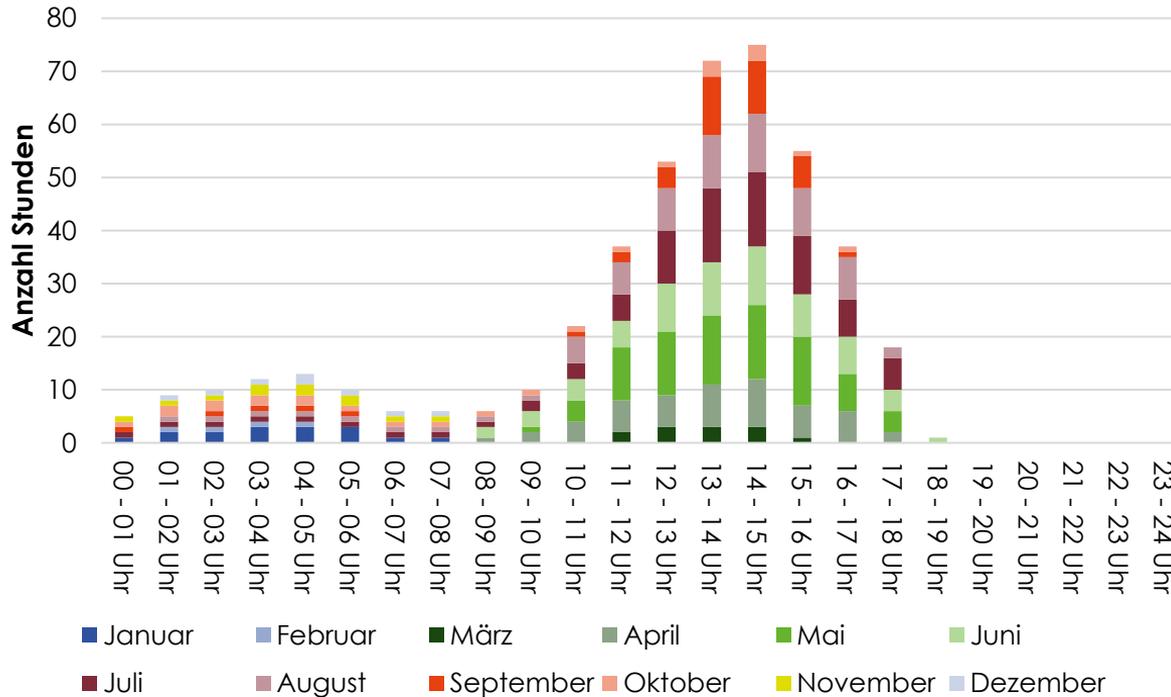
- Ausweitung der Regelungen zur **Fernsteuerung** bzw. **Begrenzung der Einspeiseleistung**:
 - Ausstattung für Anlagen ab 7 kWp mit intelligenten Messsystemen und einer Steuerungseinrichtung am Netzanschlusspunkt
 - Bis Einbau eines iMSys + Steuerbox: Begrenzung der Einspeiseleistung auf 60 % der install. Leistung
 - Anlagen ab 25 kWp (bis 100 kWp): Fernsteuerungseinrichtung durch Netzbetreiber (z.B. Funkrundsteuerempfänger) zusätzlich zur Begrenzung auf 60 %
- **keine EEG-Förderung in Zeiten negativer Börsenstrompreise**
 - Ab Folgejahr nach Einbau eines intelligenten Messsystems + Steuerungseinrichtung
 - Kompensation: Verlängerung des EEG-Vergütungszeitraums in Abhängigkeit von der Häufigkeit negativer Börsenstrompreise (1/4 h-Basis)
 - Freiwilliges Optieren zu neuen Regelungen bei Bestandsanlagen: Vergütungserhöhung um 0,6 ct/kWh*

Quellen: §§ 9, 51, 51a und 100 Abs. 46 + 47 EEG (neu), § 29 Abs. 1 MsBG (neu)

* nach beihilferechtlicher Genehmigung

Negative Strompreise

Verteilung negativer Strompreise 2024 (Stundenbasis)



- zunehmende Kannibalisierung, v.a. bei Süd-Anlagen
- kein Ausgleich über EEG in Zeiten negativer Börsenstrompreise

→ solarorientierter Eigenverbrauch, Energiemanagement und Speicherung bei solaren Erzeugungsspitzen werden immer wichtiger!

Preisobergrenzen intelligente Messsysteme

Max. Kosten für Anschlussnutzer:

Preisobergrenze	Verbrauch in kWh/Jahr	Erzeuger in kW
30 €/a	<i>Optionale Ausstattung</i>	
40 €/a	> 6.000 – 10.000	-
50 €/a	Steuerbare Verbrauchseinrichtung	-
50 €/a	> 10.000 – 20.000	< 7 - 15
110 €/a	> 20.000 – 50.000	> 15 - 25
140 €/a	> 50.000 – 100.000	> 25 - 100
Angemessen	> 100.000	> 100
50 €/a	<i>Steuerungseinrichtung</i>	
100 € (einmalig)	<i>Vorzeitiger Einbau (Frist: 4 Monate nach Beauftragung)</i>	

Möglichkeiten der PV-Installation

- **Auf-Dachanlagen**

- Schrägdach
- Flachdach



- **Gebäudeintegriert**

- Fassadenintegration
- Dachintegration



- **Freifläche**

- Freiflächen-PV
- Besondere Solaranlagen (Agri-PV, Floating-PV, Moor-PV, Parkplatz-PV)



Flächenbedarf für PV



6 Module x 450 W_P = 2.700 W_P = 2,7 kW_P

➔ Ertrag in 1 Jahr: ca. 2.700 kWh

12 m² ≙ ca. Strombedarf einer kleinen Familie
oder
ca. 13.500 km Fahrleistung mit dem E-Auto*

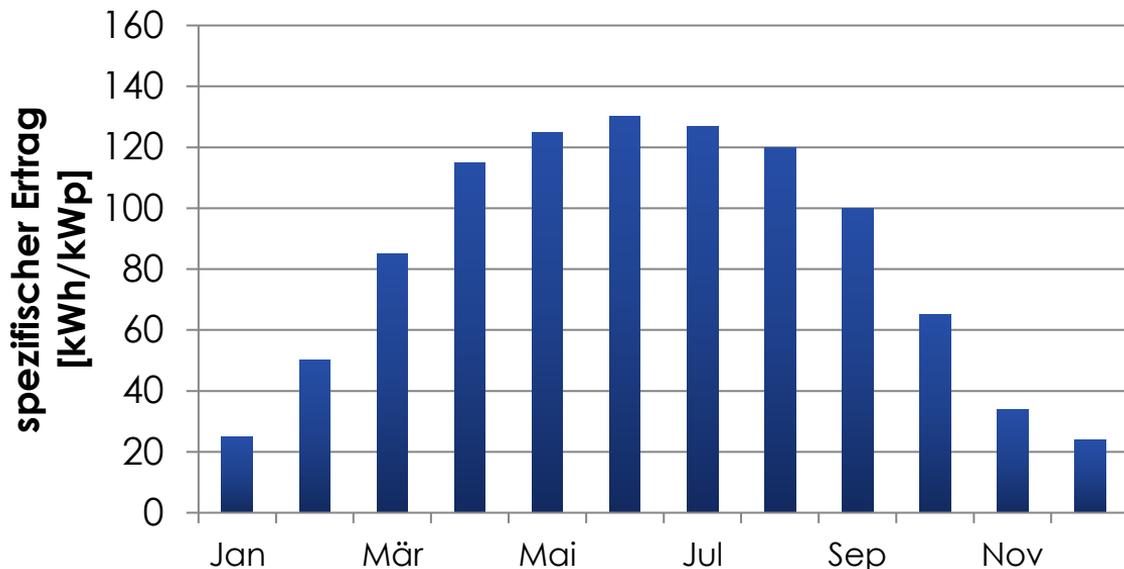
Jährl. Globalstrahlung
in D: ca.
1.000 kWh/m²

Modulwirkungsgrad:
22,5 %

Ergibt:
225 kWh/m²

PV-Ertrag

Beispielhafter Monatsertrag pro kWp



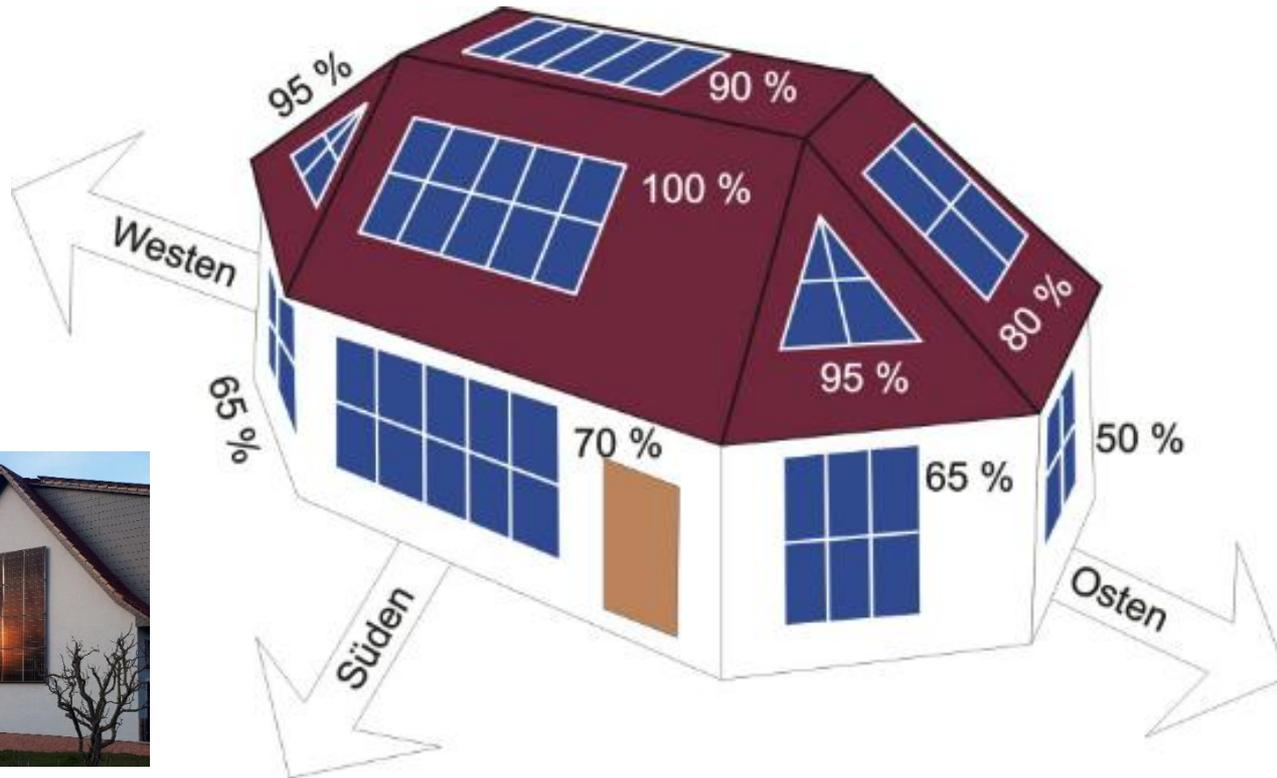
Einflussfaktoren auf den Jahresertrag

- Globalstrahlung/ Standort
- Temperaturen
- Anlagenleistung
- Modulart, Wechselrichter
- Orientierung, Neigung
- Schnee, Verschmutzung
- Verschattung, Verschattungsmanagement
- Alterungseffekte

Modulausrichtung



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



Kriterien bei der Anlagenplanung

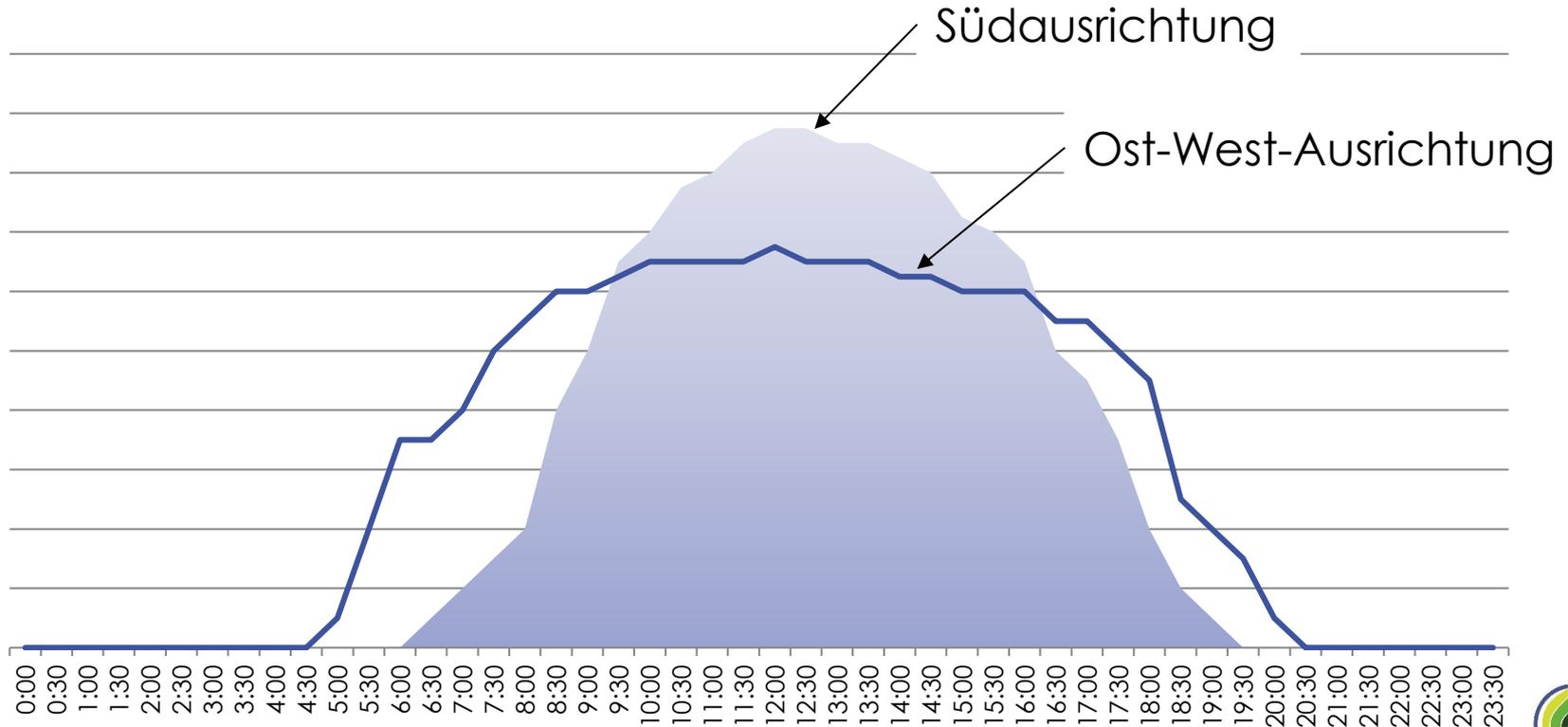
Ausrichtung:

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

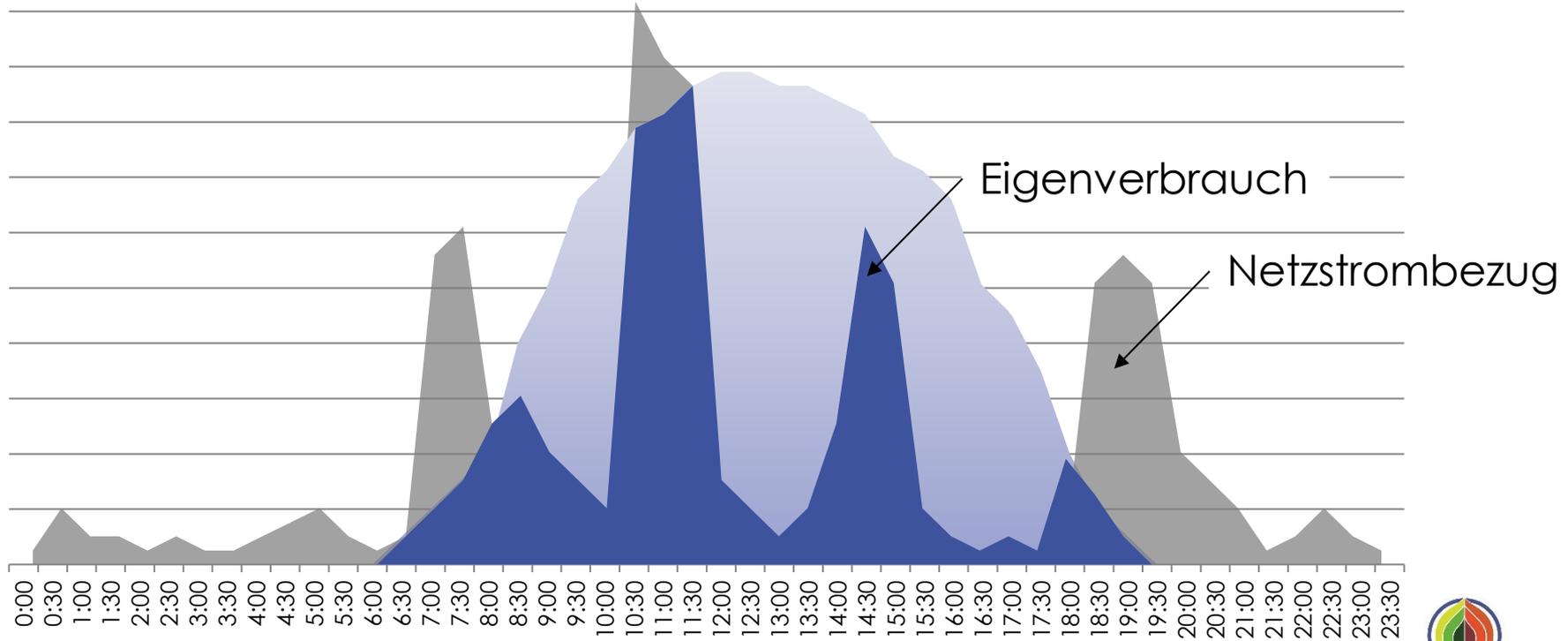
Dachneigung:

- Geringe DN: geringerer Einfluss der Ausrichtung, geringerer Selbstreinigungseffekt (am besten über 12° DN)
- Höhere DN: Maximale Erträge im Winter
- Verschattung: „Harte“ Schatten aussparen, bei „weichem“ Schatten: Verschattungsmanagement

Solarstromproduktion im Tagesverlauf



Solarstromproduktion im Tagesverlauf vs. Last

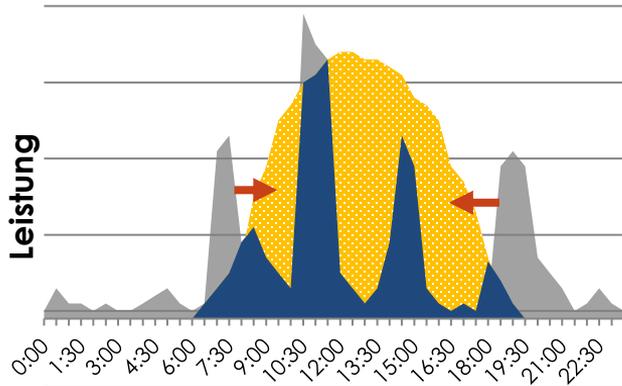


Eigenverbrauchsoptimierung

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

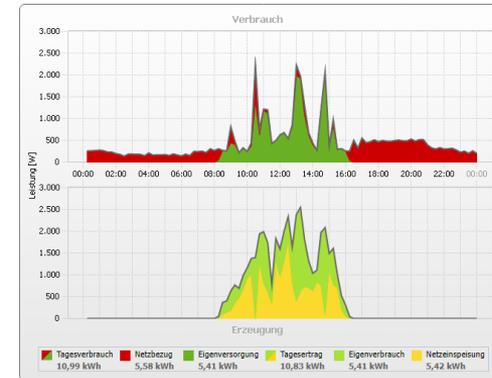


Intelligentes Energiemanagementsystem

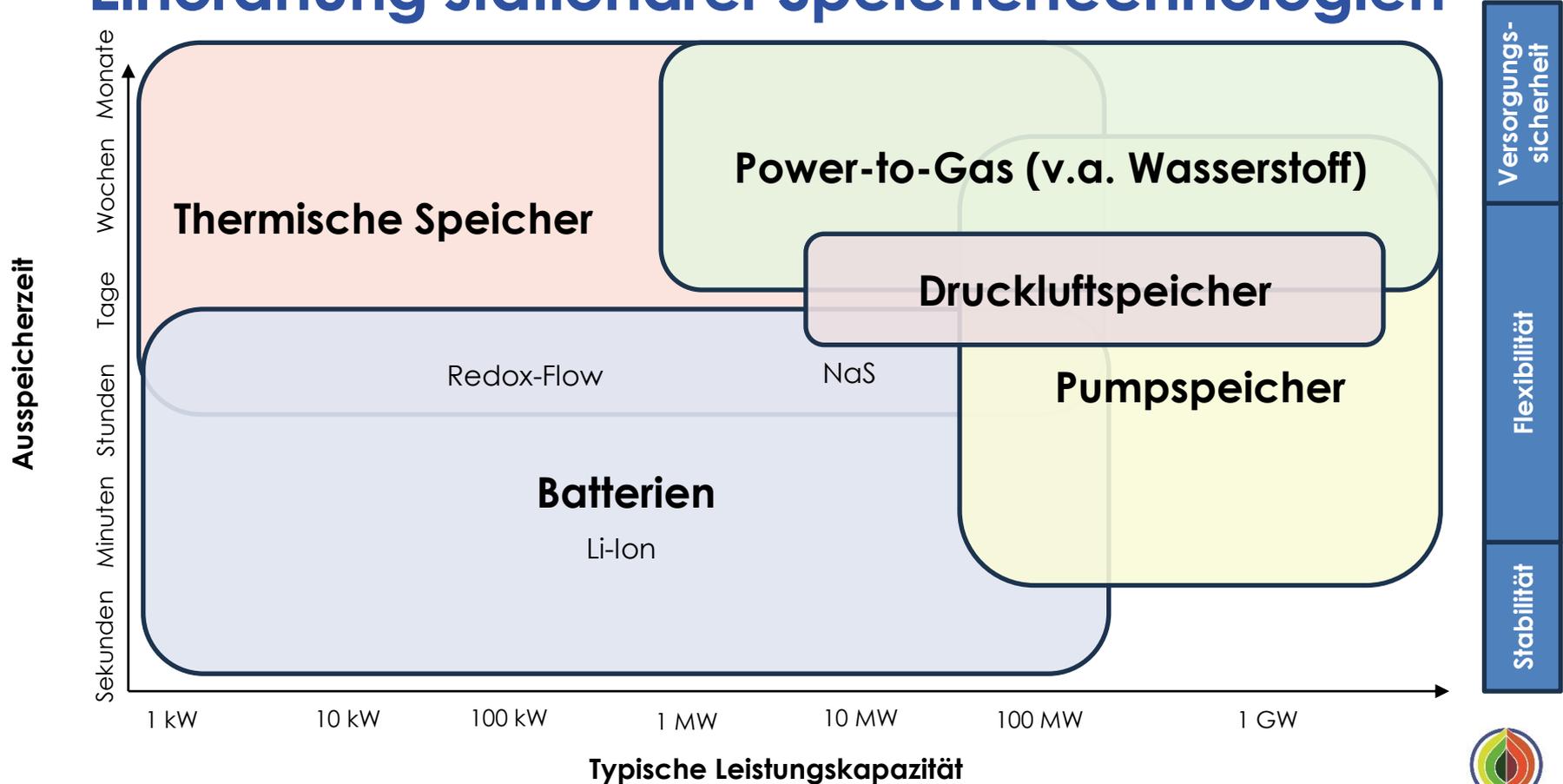
Funktionen:

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

→ **Steigert Eigenverbrauch!**



Einordnung stationärer Speichertechnologien



Übersicht Energiespeicher

Energiespeicher

Stromspeicher

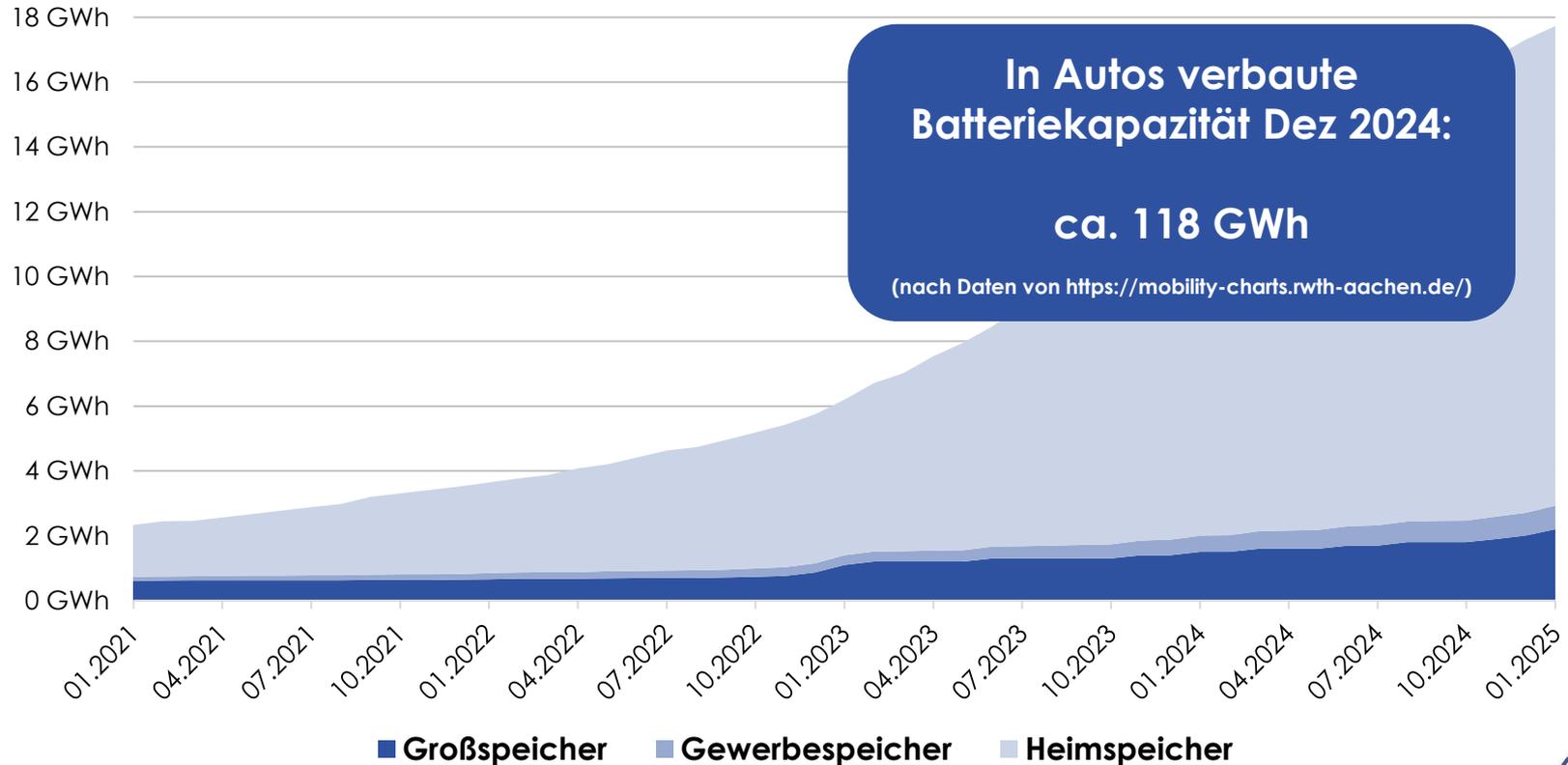
Thermische Speicher

z.B.
WW-Speicher
Feststoffspeicher
Paraffinspeicher
Eisspeicher
Sorptionsspeicher

Chemische Speicher

z.B.
Wasserstoff

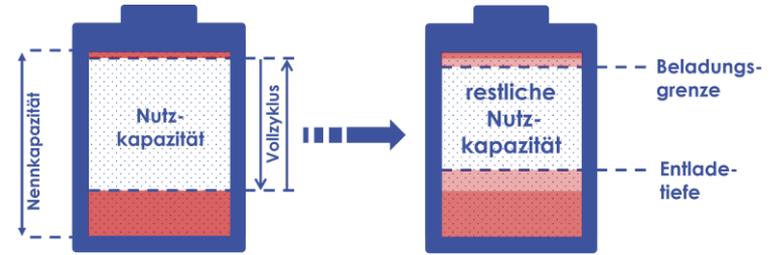
Entwicklung der station. Batteriekapazität in D (MaStR)



Stand: Januar 2025

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von www.battery-charts.de und Figgenger et al., The development of battery storage systems in Germany: A market review (status 2023), 2023

Alterung des Speichers

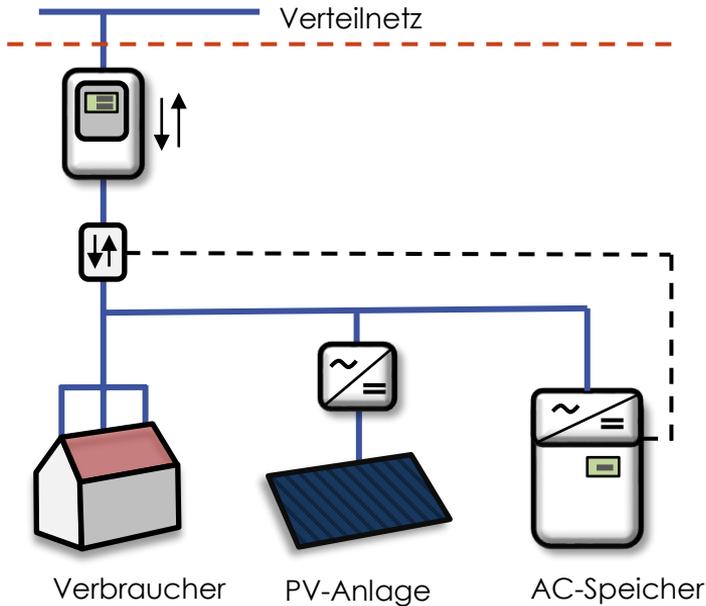


Negative Einflüsse auf Alterung bei Lithium-Speichern:

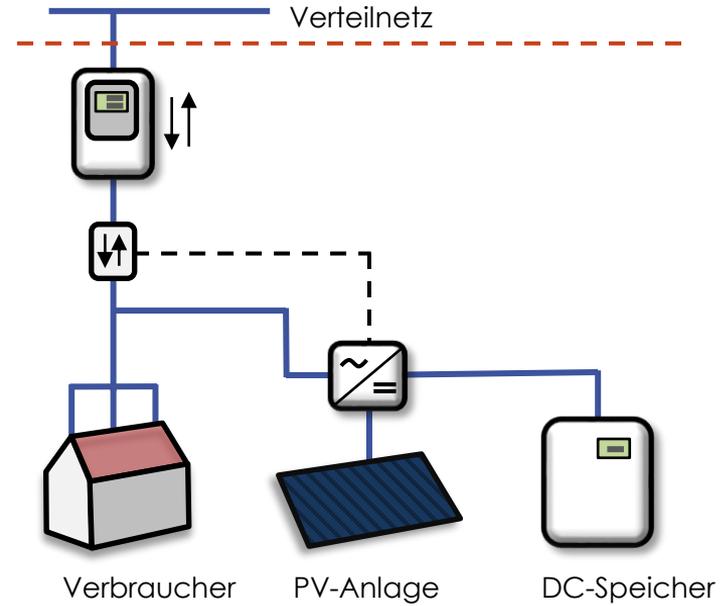
- **Zyklische Alterung:** Hohe Lade- und Entladeströme, Laden bei niedrigen Temperaturen, Zyklentiefe
- **Kalendarische Alterung:** Hohe Temperaturen, lange Verweildauern bei hohen Ladezuständen, ...

Überlagerung von zyklischer und kalendarischer Alterung:
Realistische Werte für Lithium Batterien im Heimspeicherbereich
ca. 15 Jahre

AC- und DC-Kopplung des Speichers

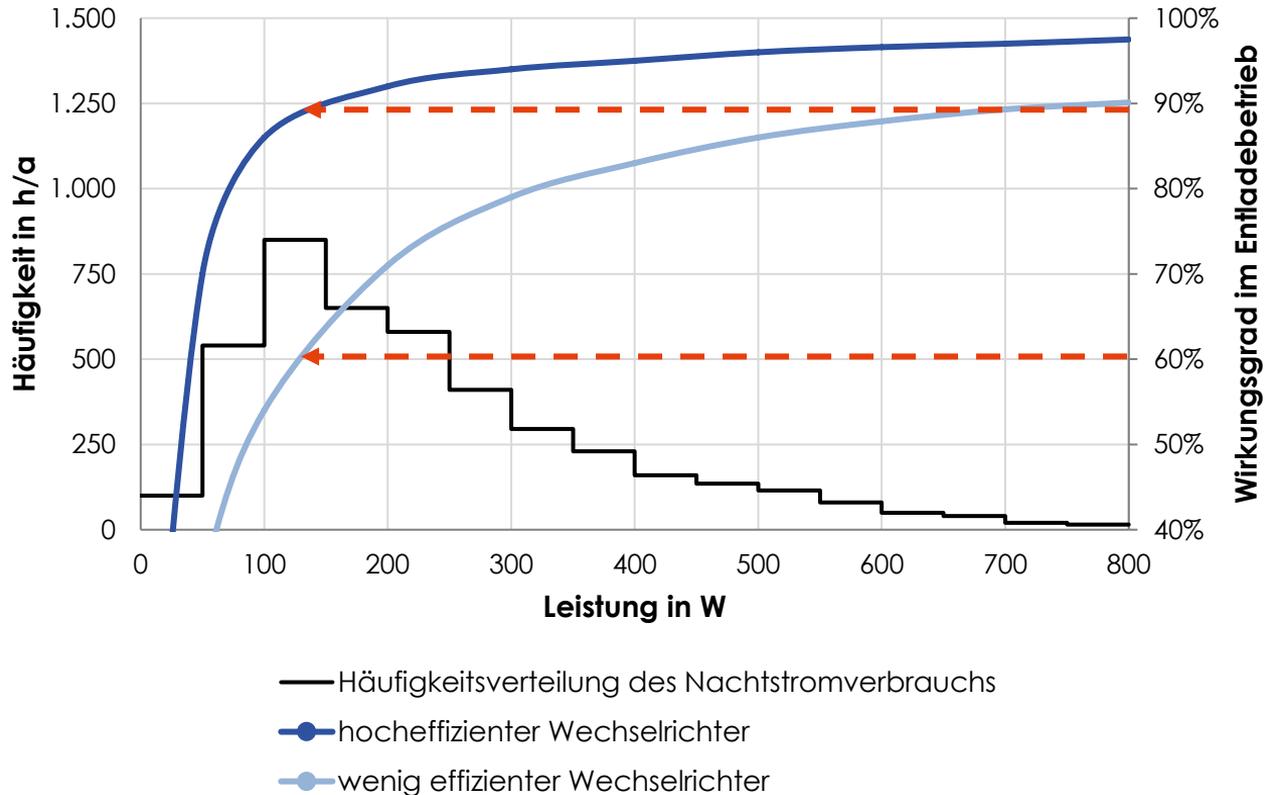


AC-gekoppeltes System



DC-gekoppeltes System

Teillastwirkungsgrade Hybridwechselrichter

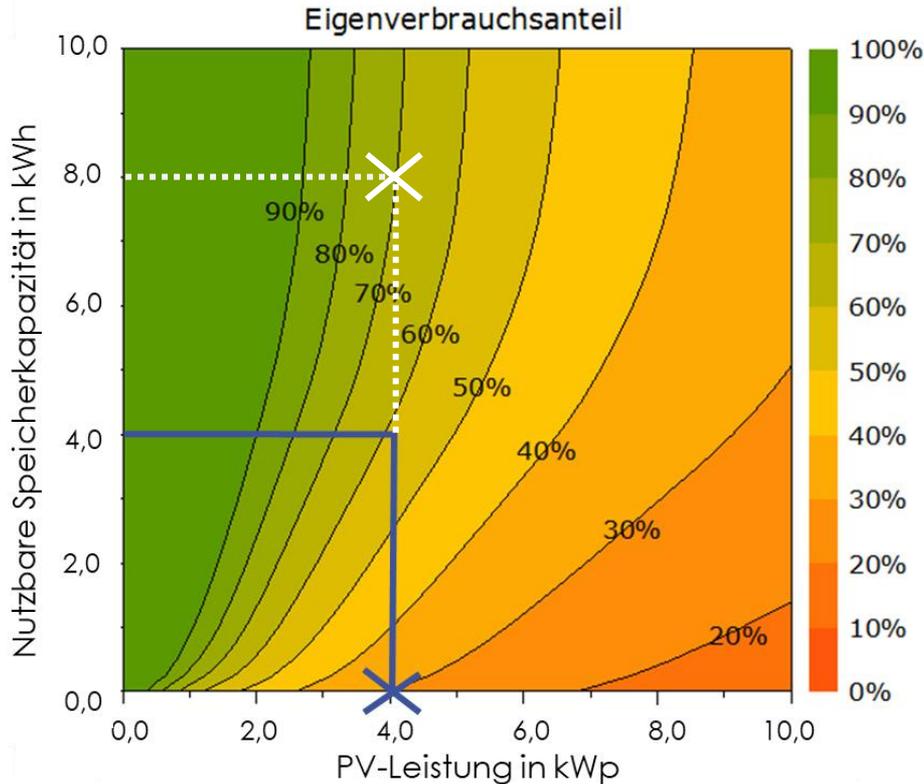


Richtige Speicherkapazität wählen

- **Speicher zu groß:**
 - unzureichende Nutzung bei höheren Investitionskosten:
geringere Wirtschaftlichkeit
- **Speicher zu klein:**
 - höhere spezifische Kosten bei kleineren Speichern
 - beschleunigte Alterung bei konstant hohen Ladeverhältnissen
 - hoher Netzbezug
 - Verbrauch zu hoch: Gefahr der Tiefentladung im Winter
→ Erhaltungsladung aus dem Netz?
- passend zum Lastprofil (Höhe und Zeiten Stromverbrauch)
und der Anlagenleistung
- gegebenenfalls Berücksichtigen von Notstromfunktionalität



Dimensionierung eines Batteriespeichers



Faustformel
für eine eigenverbrauchsoptimierte
Auslegung

je 1 kWh Speicher-Nutzkapazität
pro 1.000 kWh Stromverbrauch
bei mind. 1 kWp PV-Leistung

EV-Optimierung: Stromspeicher

Wirtschaftlichkeit abhängig von:

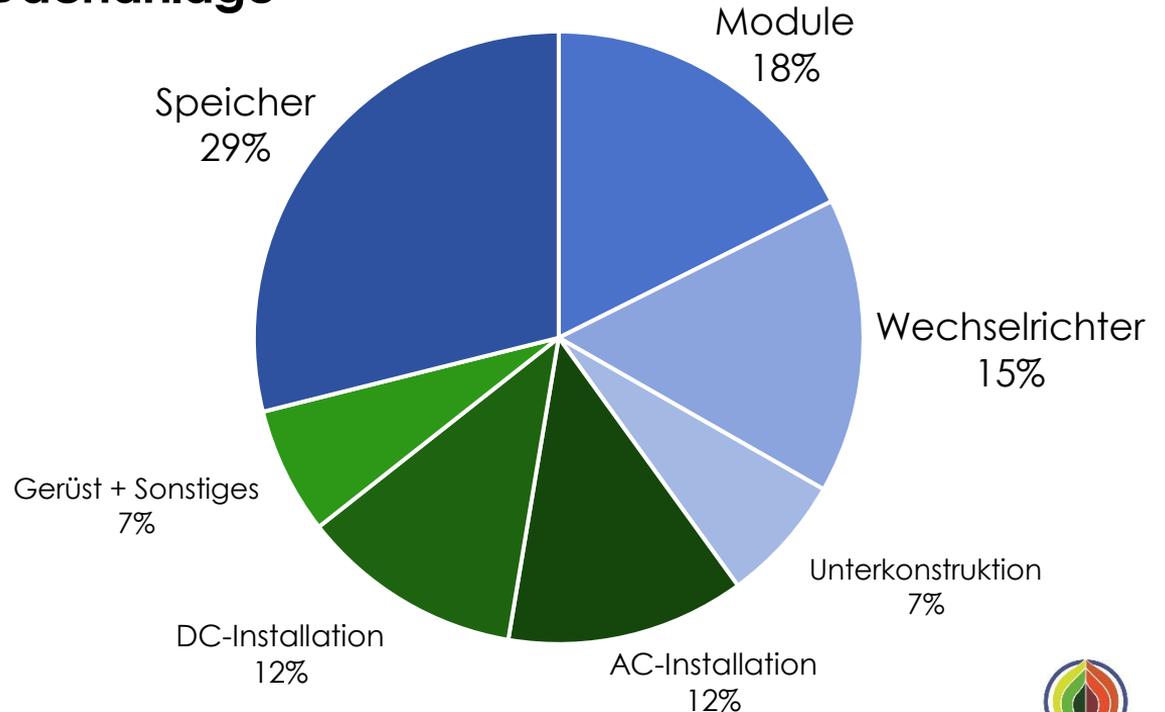
- Preis und Betriebskosten
- Lebensdauer und Alterung
- Peak-Shaving bei Leistungspreis
- Vollzyklen/a
- Wirkungsgrad
- Strompreis
- PV-Vergütung
- Notstromfähigkeit (Minimierung von Kosten durch Stromausfall)
- ...



Wirtschaftlichkeit

Kostenbestandteile PV-Dachanlage

- 11 kW_p installierte Leistung
- 11 kWh Speicherkapazität



Basierend auf Angeboten vom Februar 2024;
angenommene Gesamtkosten: 17.000 €

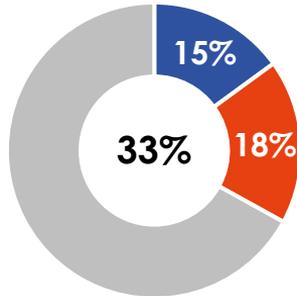
Autarkie und Eigenverbrauch



Theoretisches Beispiel*:

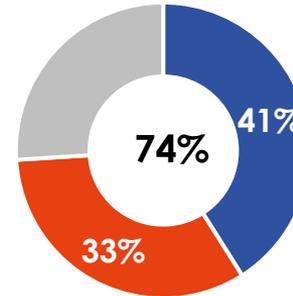
- Photovoltaikanlage mit 10 kWp + Speicher mit 8 kWh
- Jahresstromverbrauch 4.000 kWh
- Standardlastprofil

Eigenverbrauchsanteil



■ Direktverbrauch ■ Batterieladung ■ Netzeinspeisung

Autarkiegrad



■ Direktverbrauch ■ Batterieentladung ■ Netzbezug

*berechnet mit: <https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner>

Bsp. 1: Photovoltaik

Stark vereinfachte statische Beispielrechnung (20 a)

Anlagendaten PV

- inst. Leistung: **10 kWp**
- Ø Jahresertrag: 9.800 kWh

Stromverbrauch 4.000 kWh
Strombezugskosten 35 Cent/kWh

Eigenverbrauch 1.470 kWh

- EV-Anteil: 15 %
- Autarkiegrad: 41 %



Bsp. 1: Photovoltaik

Stark vereinfachte statische Beispielrechnung (20 a)

Anlagendaten PV

- inst. Leistung: **10 kWp**
- Ø Jahresertrag: 9.800 kWh

Stromverbrauch 4.000 kWh
Strombezugskosten 35 Cent/kWh

Eigenverbrauch 1.470 kWh

- EV-Anteil: 15 %
- Autarkiegrad: 41 %

Amortisationsdauer: 12 a

Stromgestehungskosten: 8,1 Cent/kWh

Rendite: 8,2 %



Investitionskosten

- 1.200 €/kWp PV
- Photovoltaik: **12.000 €**

Betriebskosten (inkl. Ersatzbeschaffung)

- PV-Anlage: **190 € p.a.**

Einnahmen & Einsparung

- Vergütung*: **661 € p.a.**
- Einsp. Verbrauch: 515 € p.a.
- 1.176 € p.a.**

Unberücksichtigt:

- Preissteigerung
- Strompreiserhöhung
- Finanzierungskosten

*Einspeisevergütung: 7,94 Cent/kWh

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

Bsp. 2: Photovoltaik + Speicher

Stark vereinfachte statische Beispielrechnung (20 a)

Anlagendaten PV

- inst. Leistung: **10 kWp**
- Ø Jahresertrag: 9.800 kWh
- Nutzkapazität Sp.: **8 kWh** (Ø 7,2 kWh)

Stromverbrauch 4.000 kWh
Strombezugskosten 35 Cent/kWh

Eigenverbrauch 3.234 kWh

- EV-Anteil: 34 %
- Autarkiegrad**: 76 %

ca. 245 Vollzyklen p.a.



Amortisationsdauer: 14 a
Stromgestehungskosten: 12,7 Cent/kWh
Speicherungskosten: 26,3 Cent/kWh
Rendite: 7,1 %

Investitionskosten

- 1.200 €/kWp PV
- Photovoltaik: **12.000 €**
 - Speicher + Inst.: **6.000 €**

Betriebskosten (inkl. Ersatzbeschaffung)

- PV-Anlage: **190 € p.a.**
- Speicher: **56 € p.a.**

Einnahmen & Einsparung

- Vergütung*: **514 € p.a.**
- Einsp. Verbrauch: **1.068 € p.a.**
1.582 € p.a.

Unberücksichtigt:

- Preissteigerung
- Strompreiserhöhung
- Finanzierungskosten

*Einspeisevergütung: 7,94 Cent/kWh

**inkl. 15% Verluste

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

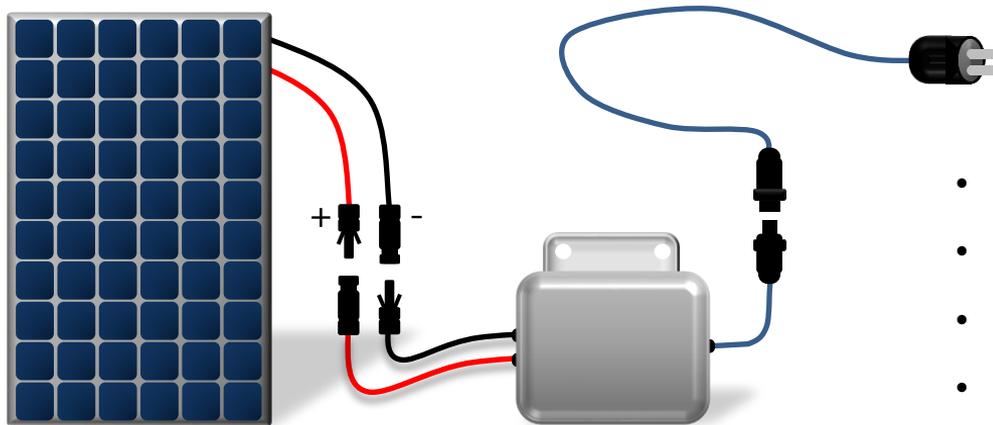


Balkon-PV – Was ist das?



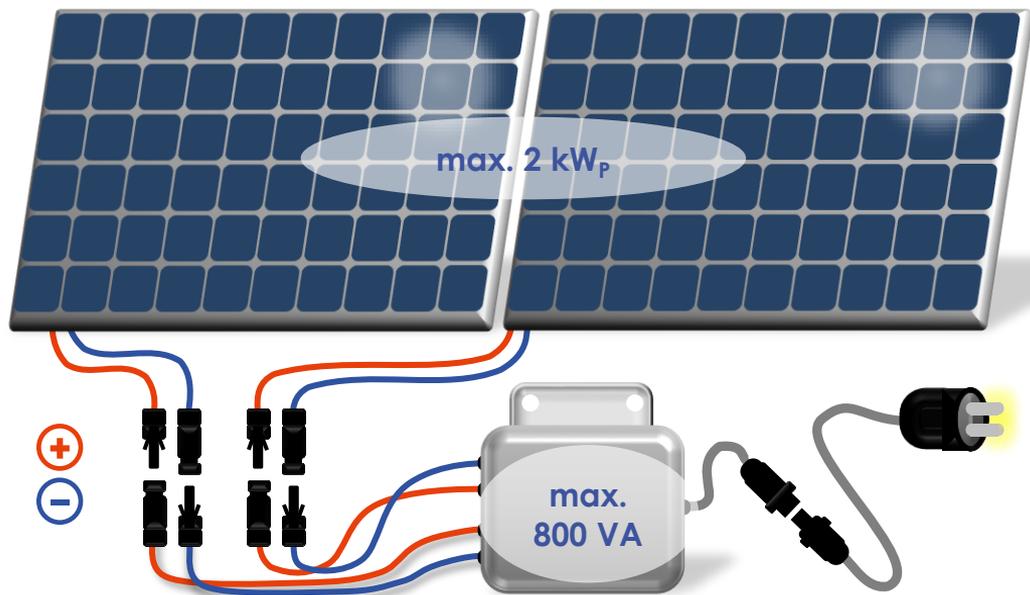
Allgemeines

Balkon-PV-Anlage, Balkonkraftwerk, Mini-Solaranlage, Kleinst-PV-Anlage, Stecker-Solargerät, steckerfertige Erzeugungsanlage, Plug&Play-PV, ...



- PV-Modul(e) (häufig 370 – 450 W_p)
- (Mikro-)Wechselrichter
- Verkabelung und Stecker
- Befestigungsmaterial

Technisch-rechtliche Vorgaben



Leistungsgrenze gem. EEG

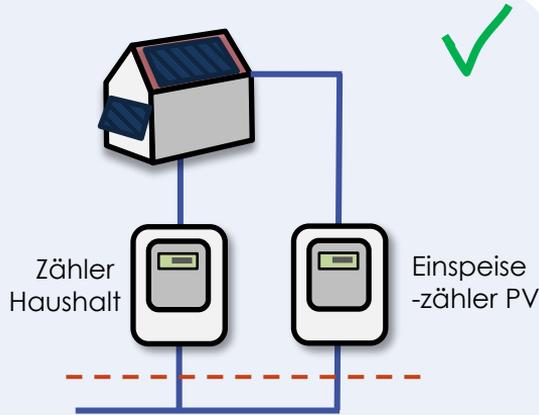
max. 800 VA Scheinleistung des Wechselrichters

max. 2 kW_p Modulleistung

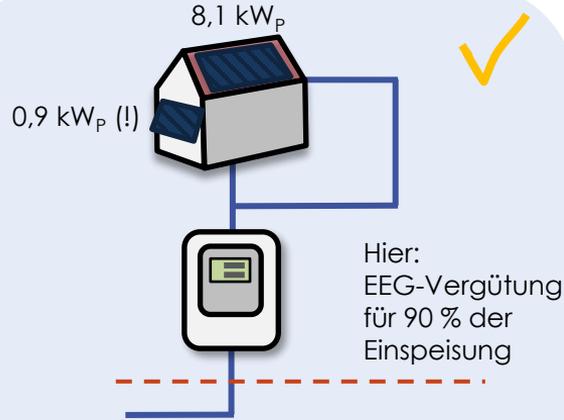
= Obergrenze für vereinfachtes Verfahren
(Anschluss an Hausnetz und Anmeldung
durch Anlagenbetreiber)

Parallelbetrieb mit vorhandener Anlage

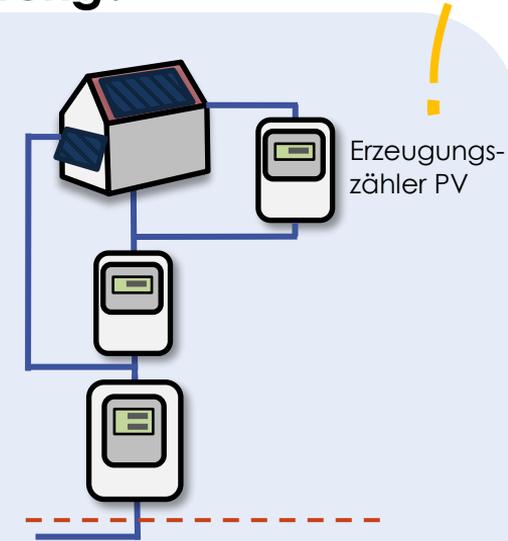
Balkon-PV zusätzlich zu Bestandsanlage mit EEG-Förderung?



Fall 1:
Dachanlage mit Volleinspeisung
→ keine Wechselwirkungen



**Fall 2: Dachanlage mit
Eigenverbrauch**
keine EEG-Vergütung für Balkon-PV
→ rechnerische Aufteilung der
Einspeisung anhand der installierten
Leistung!



**Fall 3: Dachanlage mit gefördertem
Eigenverbrauch (2009 - 2012)**
Ggf. wird Einrichten einer
Zählerkaskade gefordert!

Wirtschaftlichkeit 2 x 435 W_p

Direkte Südausrichtung, Balkonanlage mit 80° Neigung



Jahresstrombedarf	2.000 kWh	3.500 kWh
Ø Stromertrag (Simulation)	743 kWh/a	743 kWh/a
Direktverbrauch (Simulation*)	391 kWh/a (53 %)	508 kWh/a (68 %)
Überschuss	352 kWh/a	235 kWh/a
Autarkiegrad	20 %	15 %
Einsparung Stromkosten**	129 €/a	168 €/a
Anlagenkosten	500 €	500 €
Amortisationsdauer	3,9 Jahre	3,0 Jahre

*Simulationen mit PV*Sol, WR-Leistung 800 VA

Annahme Strompreis **33 ct/kWh

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

Energiewende privat – Erneuerbare Energien im Privathaushalt

1. Aktuelle Situation

2. Photovoltaik und Eigenverbrauchsoptimierung

3. Solarstrom für Wärme und Mobilität



Power-to-Heat

Heizstab

Zusatzheizung im Pufferspeicher – häufig nachrüstbar
Primärer Wärmeerzeuger wird insb. im Sommer entlastet
Kosten ca. 1.000 €

~1:1

~ 1:3

Brauchwasser-Wärmepumpe

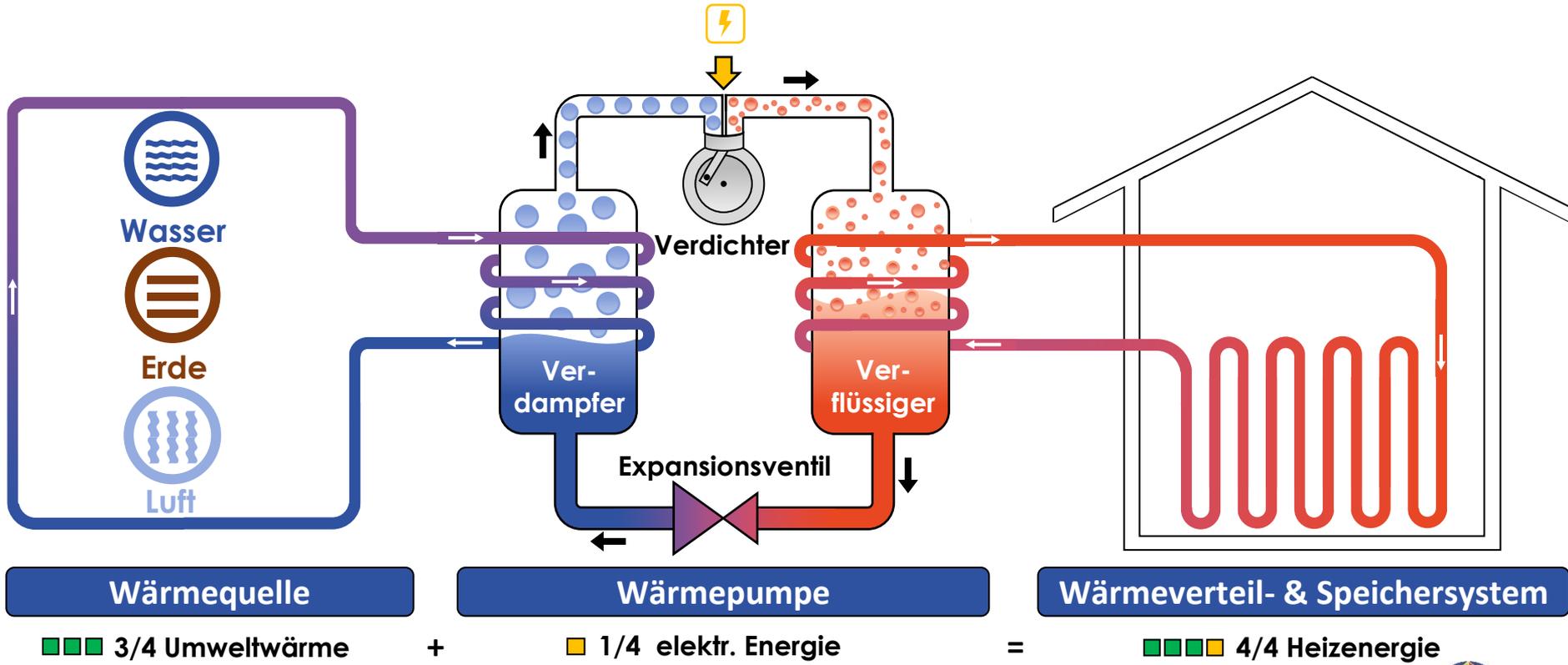
Innenstehende Luft-Wasser-Wärmepumpe (+ Luft-Temperatur)
Mit Pufferspeicher ca. 200-300 l
Kosten ca. 2.000 – 3.000 €

Heizungs-Wärmepumpe

Ansteuerung über EMS, Smart Meter oder Relais am WR
Einbindung in Steuerung: „SG ready“
Verschiedene Wärmequellen möglich (v.a. Außenluft, Erdreich, Grundwasser, Abwärme)

~ 1 :
2,5-4,5

Das Wärmepumpensystem



Welche Wärmequellen gibt es?



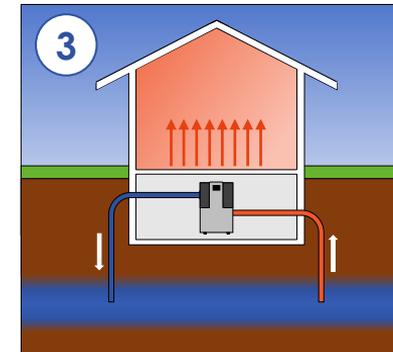
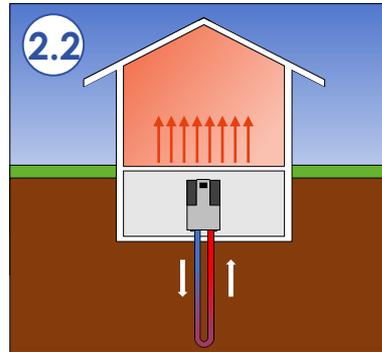
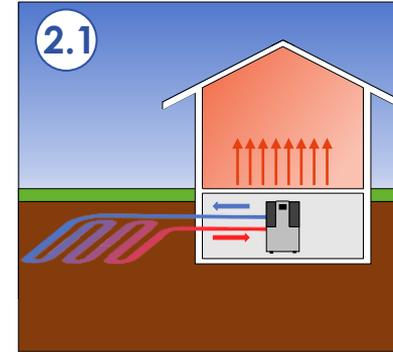
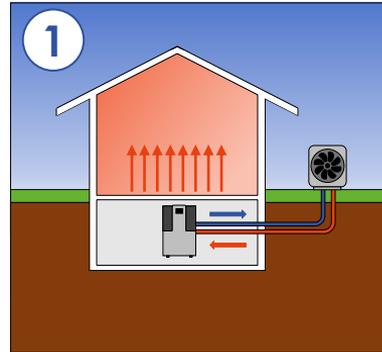
Umgebungsluft (1)



Erdwärme (2)



Grundwasser (3)



→ je höher die Quelltemperatur, desto effizienter das System

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. hydraulischer Abgleich, Austausch alter Heizkörper durch Niedertemperaturheizkörper)
- (Teil-)Sanierung des Gebäudes
(z. B. Fenstertausch, oberste Geschossdecke dämmen)

Effizienz der Wärmepumpenanlage

Coefficient of Performance (COP):

Effizienz einer Wärmepumpe in Betriebspunkt

≙ Normverbrauch Auto

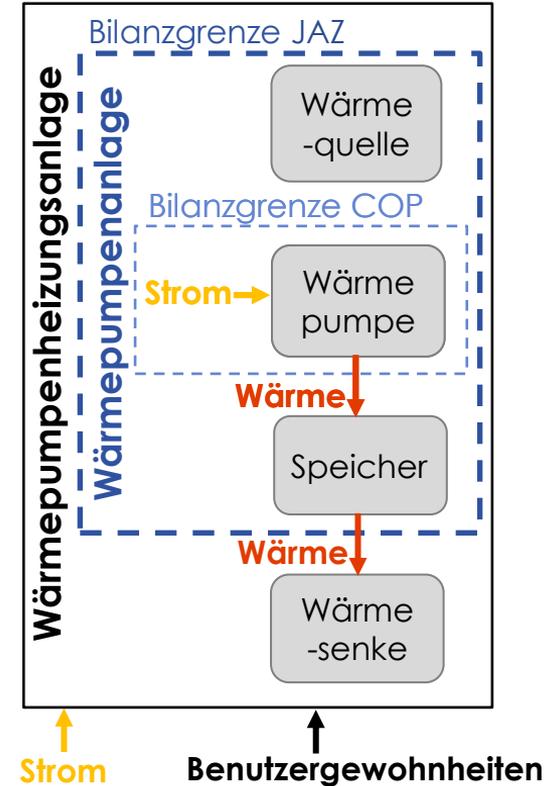
$$\text{COP} = \frac{\text{Heizwärmeleistung [kW]}}{\text{Antriebsleistung [kW]}}$$

Jahresarbeitszahl (JAZ):

Effizienz des Gesamtsystems, inklusive Hilfsenergie

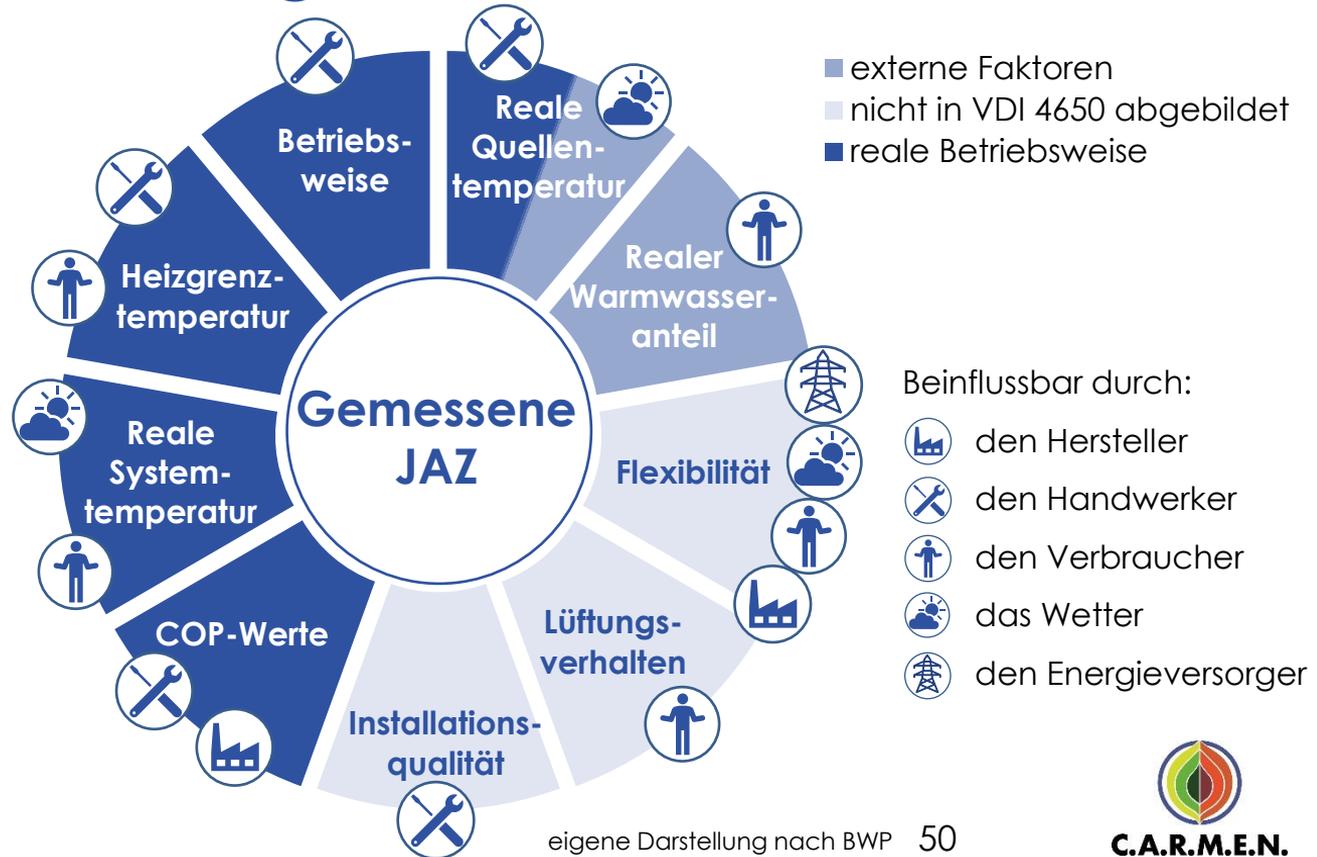
≙ tatsächlicher Verbrauch Auto

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

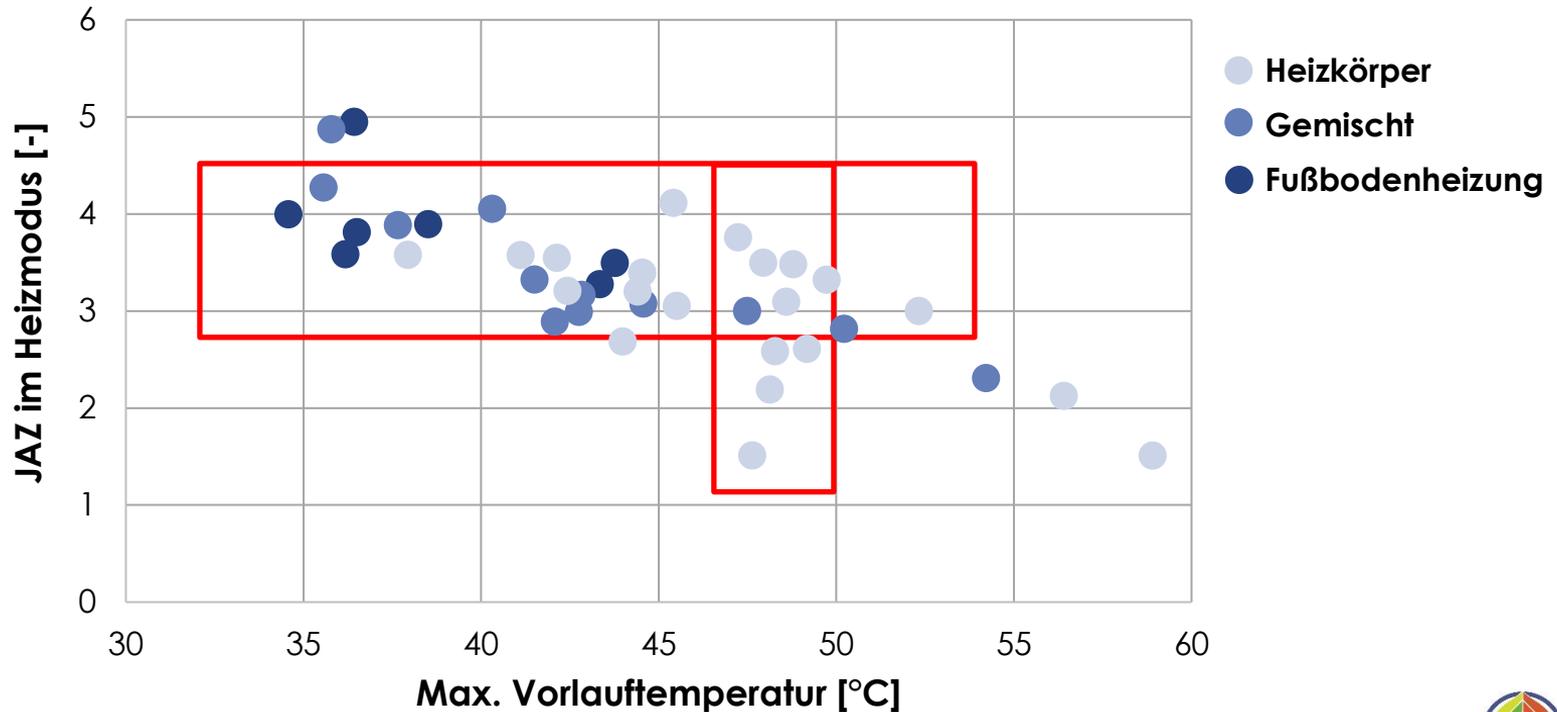


Einflussgrößen auf die Effizienz von Wärmepumpenanlagen

Ø JAZ im Bestand	
L/W-WP	3,1
S/W-WP	4,1
Quelle: „WPsmart im Bestand“ Fraunhofer ISE	

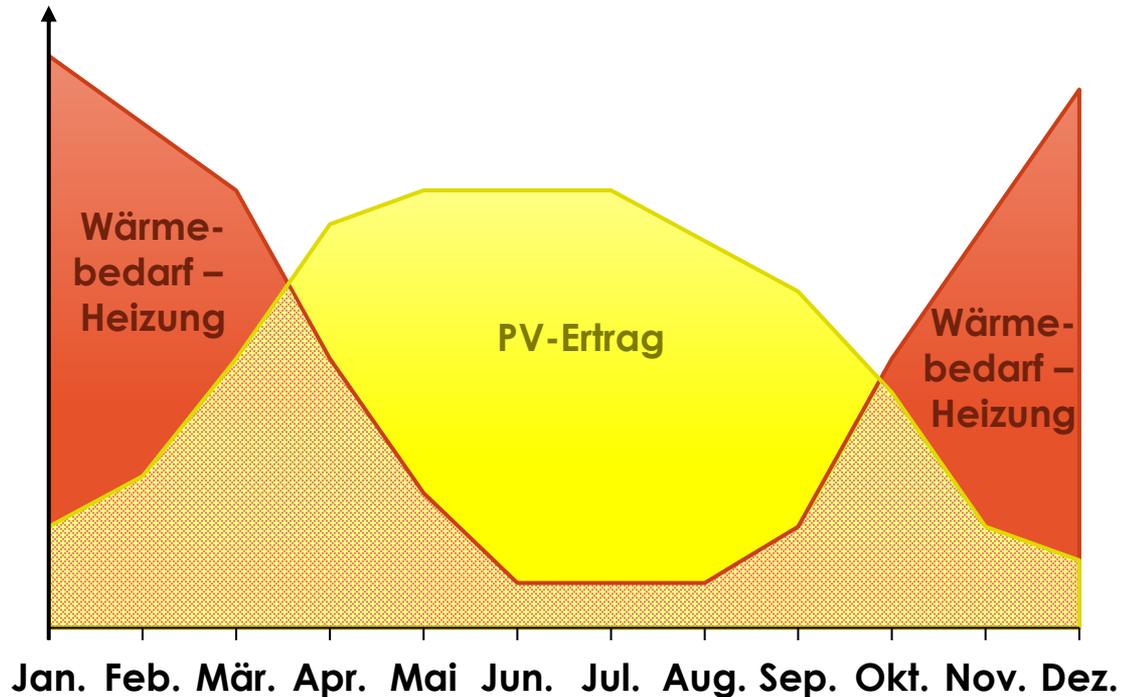


JAZ in Abhängigkeit von max. Vorlauftemperatur und Wärmeübergabesystem



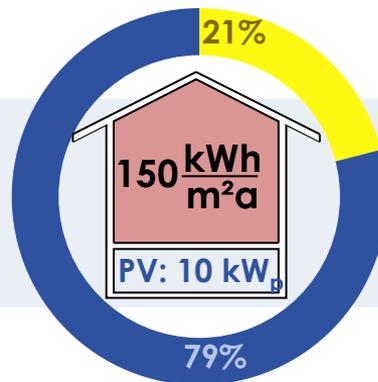
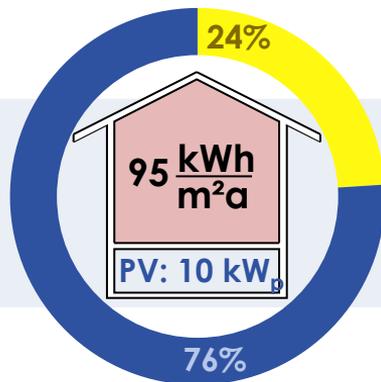
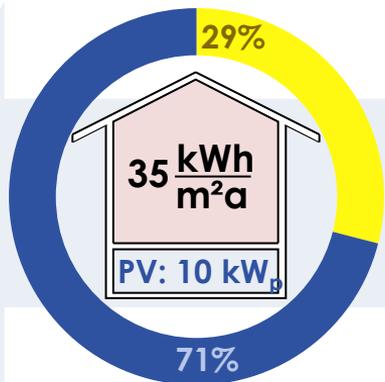
Quelle: eigenen Darstellung nach Fraunhofer ISE 51

Einsparpotenzial

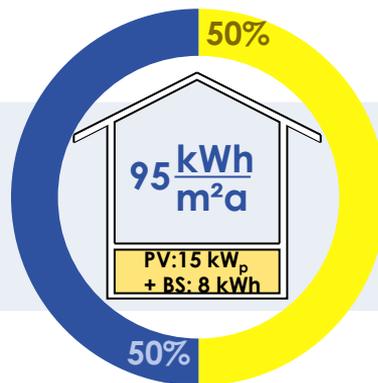
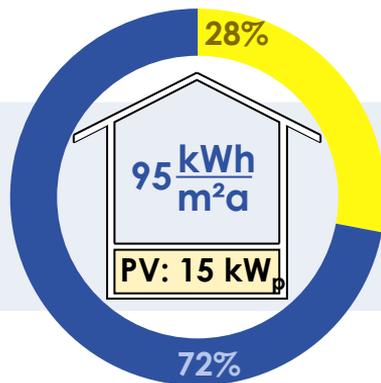
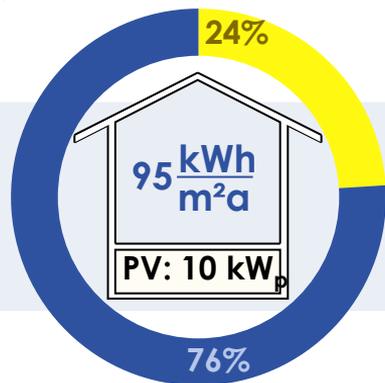


- Sonne und heizen passen nicht optimal zusammen
- Potenzial vor allem in Übergangsmonaten bzw. beim Kühlen im Sommer
- Eigenverbrauchssteigerung \emptyset 15-20%

Einflussfaktoren auf Deckungsbeiträge



↓ Wärmebedarf Gebäude
↓
↑ Deckungsbeitrag PV-Strom



↑ PV-Anlagengröße
↓
↑ Deckungsbeitrag PV-Strom

■ PV-Strombezug

■ Netz-Strombezug

Quelle: eigenen Darstellung nach Simulation über HTW Solarisator
(Annahmen: 4-Personen; 150 m²; 4.000 kWh Strombedarf Haushalt; JAZ: 4;
Batteriespeichereffizienz: 85 %; Strom aus Batteriespeicher priorisiert für WP)

Reduzierte Netzentgelte

Weitere Informationen

Energiewirtschaftsgesetz §14a

Möglichkeit der Leistungsreduktion (mind. 4,2 kW garantiert) steuerbarer Wärmepumpe zur Vermeidung von Netzüberlastungen → im Gegenzug Reduzierung des Netzentgelts

Modul 1

pauschaler Rabatt
auf Netzentgelt:
110€ - 190€ im Jahr
(von Netzgebiet
abhängig)

Modul 2

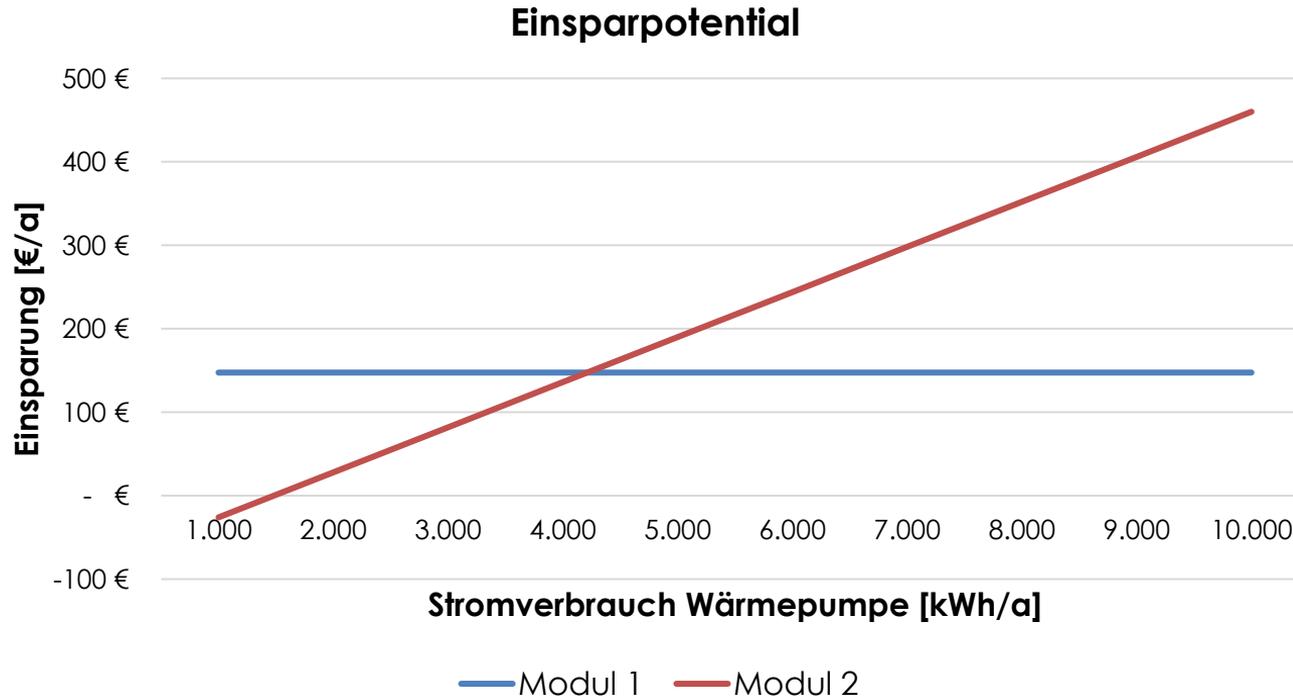
Reduzierung des
Arbeitspreises des
Netzentgelts um 60 %
(extra Zähler nötig)

Modul 3

zeitvariables
Netzentgelt möglich
(in Kombination mit
Modul 1; ab 2025)

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.

Vergleich der Module



Arbeitspreis Netzentgelt: 9 Cent/kWh; Jährliche Zählerkosten: 50 €*, Zählerplatzkosten (inkl. Installation): 30 €/a

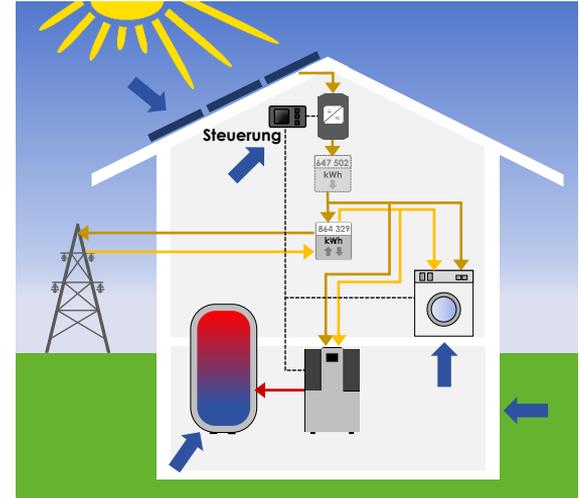
Empfehlungen Kombination PV+WP

Einflussfaktoren auf Deckung Strombedarfs:

- Leistung/ Ausrichtung PV-Anlage
- Stromverbrauch Haushalt
- Wärmebedarf des Hauses
- Optimierung Ansteuerung Schnittstellen
- Speichermöglichkeiten

Auslegungsempfehlung:

- Invertierende Wärmepumpe bevorzugen
- Auslegung der PV-Anlage:
 - Leistung: $WP\text{-Anschlussleistung} \times 3 \rightarrow \text{ca. } 30\% \text{ Strombedarf der Wärmepumpe über PV}$
 - Steiler Neigungswinkel für mehr Stromerzeugung im Winter



Power to Vehicle



Optimale Kombination mit PV:

**Wallbox mit Steuerung zum
Überschussladen**

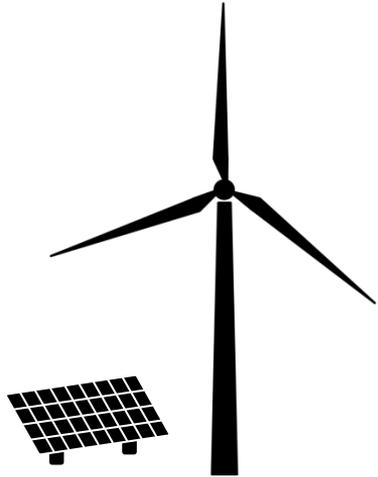


Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.



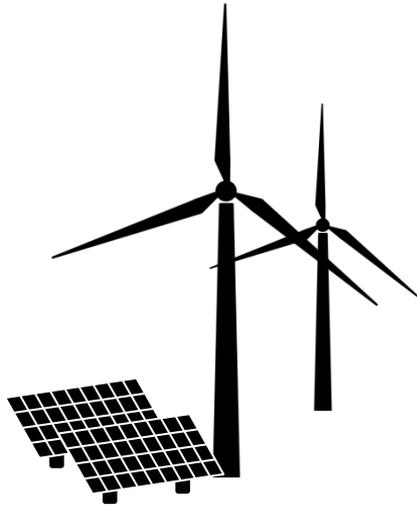
Effizienzketten – Energie pro 100 km

20 kWh



Batterieelektrische
Fahrzeuge +
direkte Stromnutzung

31 kWh



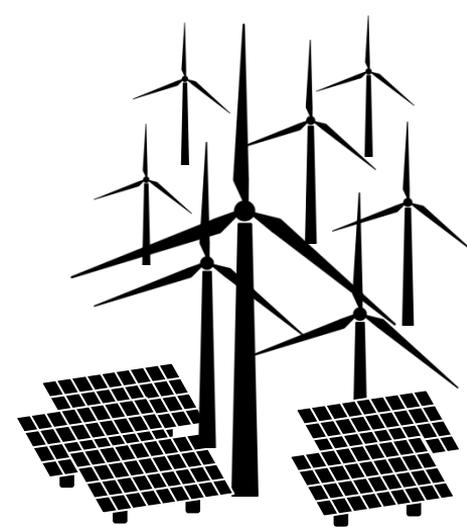
Brennstoffzellen-
Fahrzeuge +
Wasserstoff

93 kWh



verbrennungsmotorische
Fahrzeuge +
Power-to-Gas

103 kWh

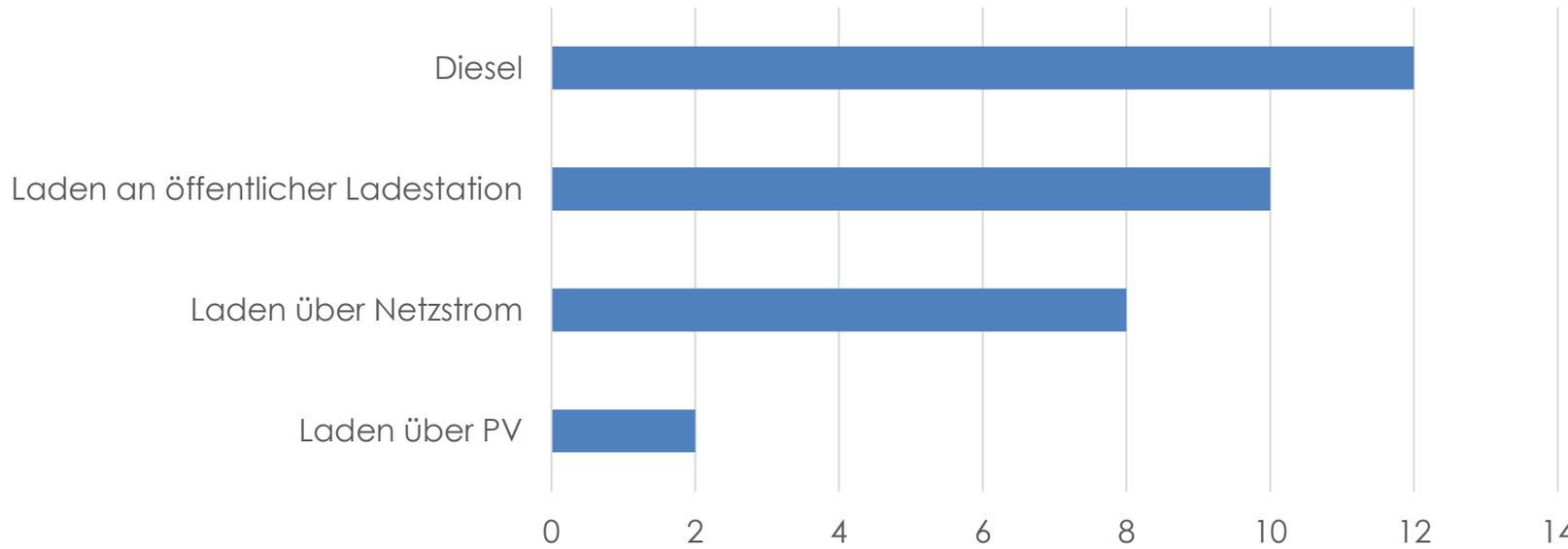


verbrennungsmotorische
Fahrzeuge +
Power-to-Liquid

60 kWh
6l Diesel

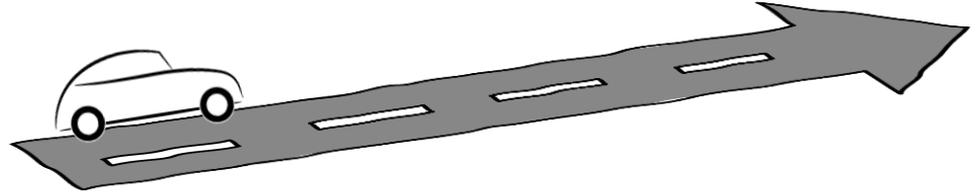
Kostenvergleich

Energiekosten pro 100 km in €



Annahmen: Gestehungskosten PV: 0,1 €/kWh; Stromkosten Netz: 0,4 €/kWh; Stromkosten Ladestation: 0,5 €/kWh; Verbrauch E-Auto: 20 kWh/100 km, Verbrauch Verbrenner-Auto: 6 l/100 km, Dieselpreis: 2,0 €/l

Reichweite



- Typische Akkukapazitäten E-Auto: 20 – 100 kWh
→ je höher Akkukapazität, desto höherer solarer Deckungsgrad möglich, aber auch höherer Verbrauch
- Energiebedarf: 15 – 25 kWh / 100 km (inkl. ca. 15 % Ladeverluste)
- Im Winter: ca. 25 – 50 % geringere Reichweite

Lademöglichkeiten 1

- **Ladekabel Schuko**

- Notlösung / geringere Effizienz
- typ. Ladeleistung 2,3 kW
- Zuleitung und Dose prüfen



- **Normalladen**

- Wechselstrom (AC)
- typ. Ladeleistung 11 kW (22 kW)
- Wallbox mit „PV-Überschussladen“ Funktionalität zu bevorzugen

Lademöglichkeiten 2

- **Schnellladen**

- Gleichstrom (DC)
- CCS-Ladestation (EU, rechts), CHAdeMO (Asien)
- typ. Ladeleistung 20-50 kW
- Nachteil: Hohe Anschaffungskosten für Ladestation



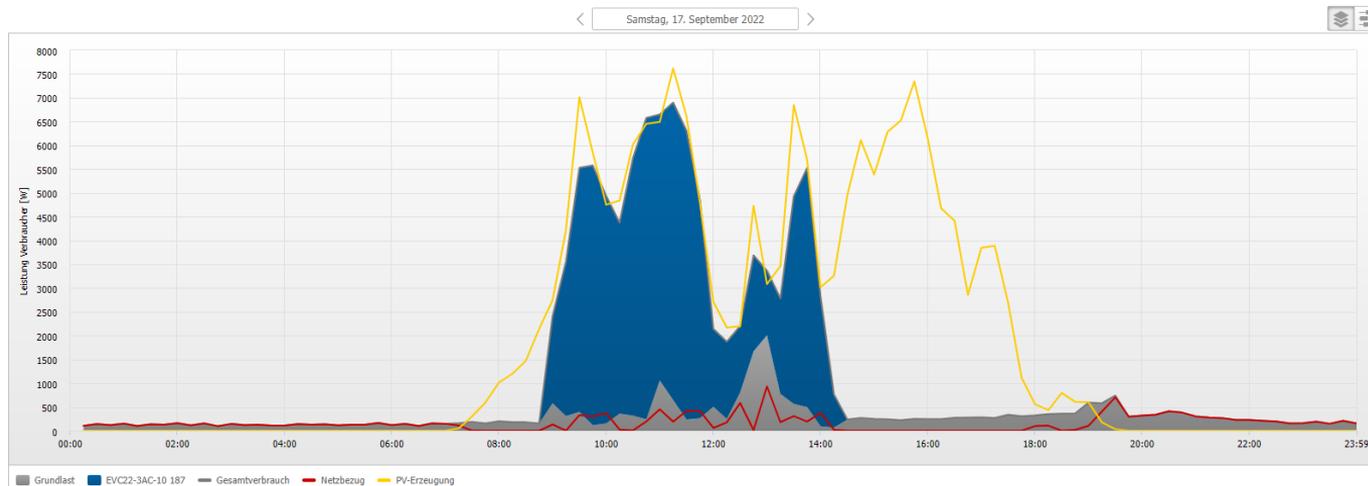
Generell:

- Ladeleistung abhängig von Auto, Ladestation und individueller Ladekurve
- Min. Ladeleistung dreiphasig i. d. R. 4,1 kW (6 A pro Phase)
- Ladeverluste geringer bei höherer Ladeleistung
- PV-Anlage ausreichend groß dimensionieren



Private Ladelösung: Wallbox

- Sinnvolle Größe: AC bis 11 kW (3x 230 V, 16 A)
- Verschiedene Ladeleistungen einstellbar
- Anmeldepflicht beim Netzbetreiber, ab 12 kVA Zustimmungspflicht
- Bei PV mit Eigenverbrauch: Anpassung der Ladeleistung an PV-Überschuss: langsam / dynamisch Laden



Beispiel: PV-Laden zuhause

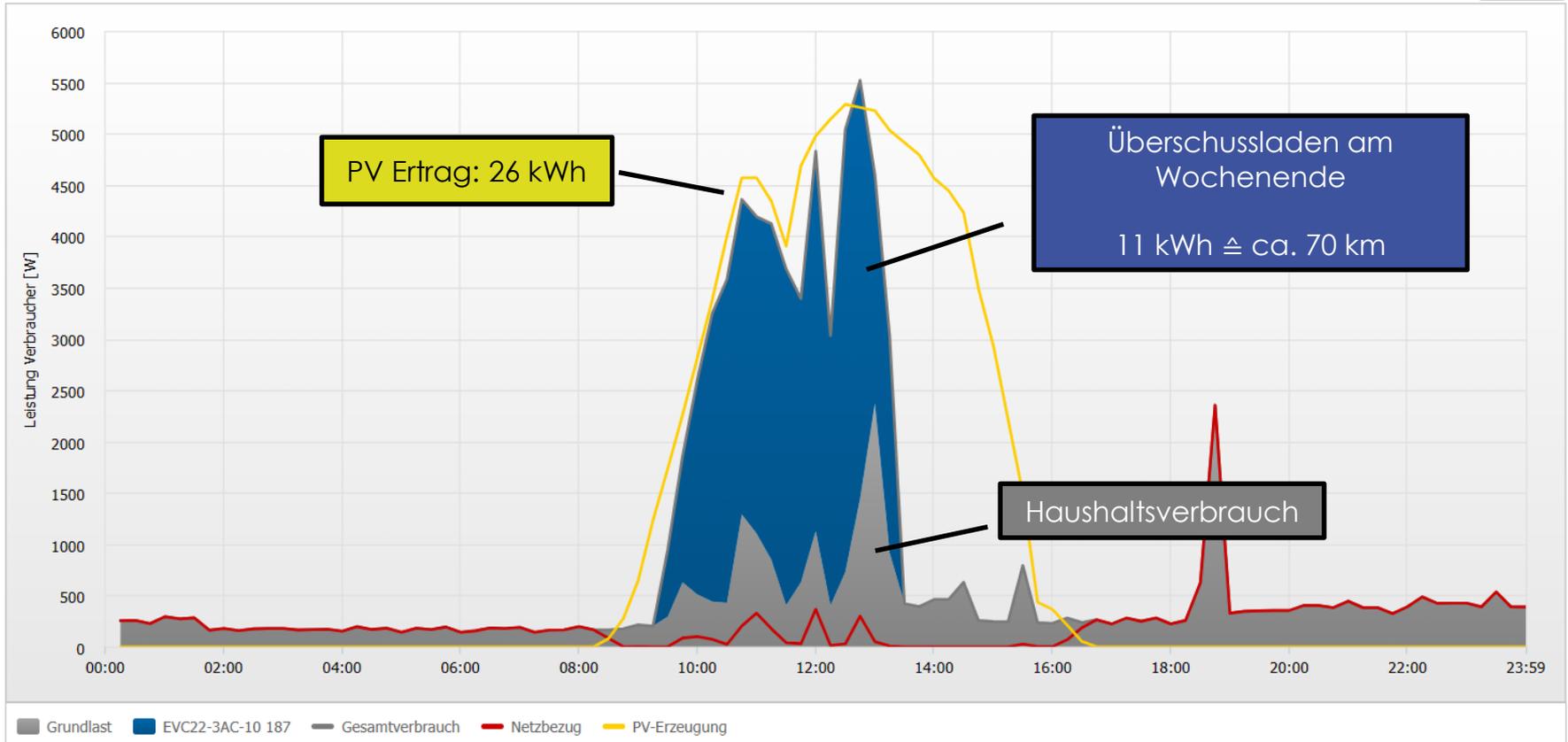


Rahmenbedingungen

- **PV:** nach Süd/West und Nord/Ost, 16°, **20 kWp**
- **Eigenverbrauch:** typischer Familienhaushalt (ca. 4000 kWh/a)
- **Ladeleistung:** max. 7,2 kW
- **Intelligent Laden:** Steuerung über Smart Home (Berücksichtigung des Haushaltsverbrauchs, Warmwasser im Sommer über Heizstab)
E-Auto am Wochenende und Abends zu Hause

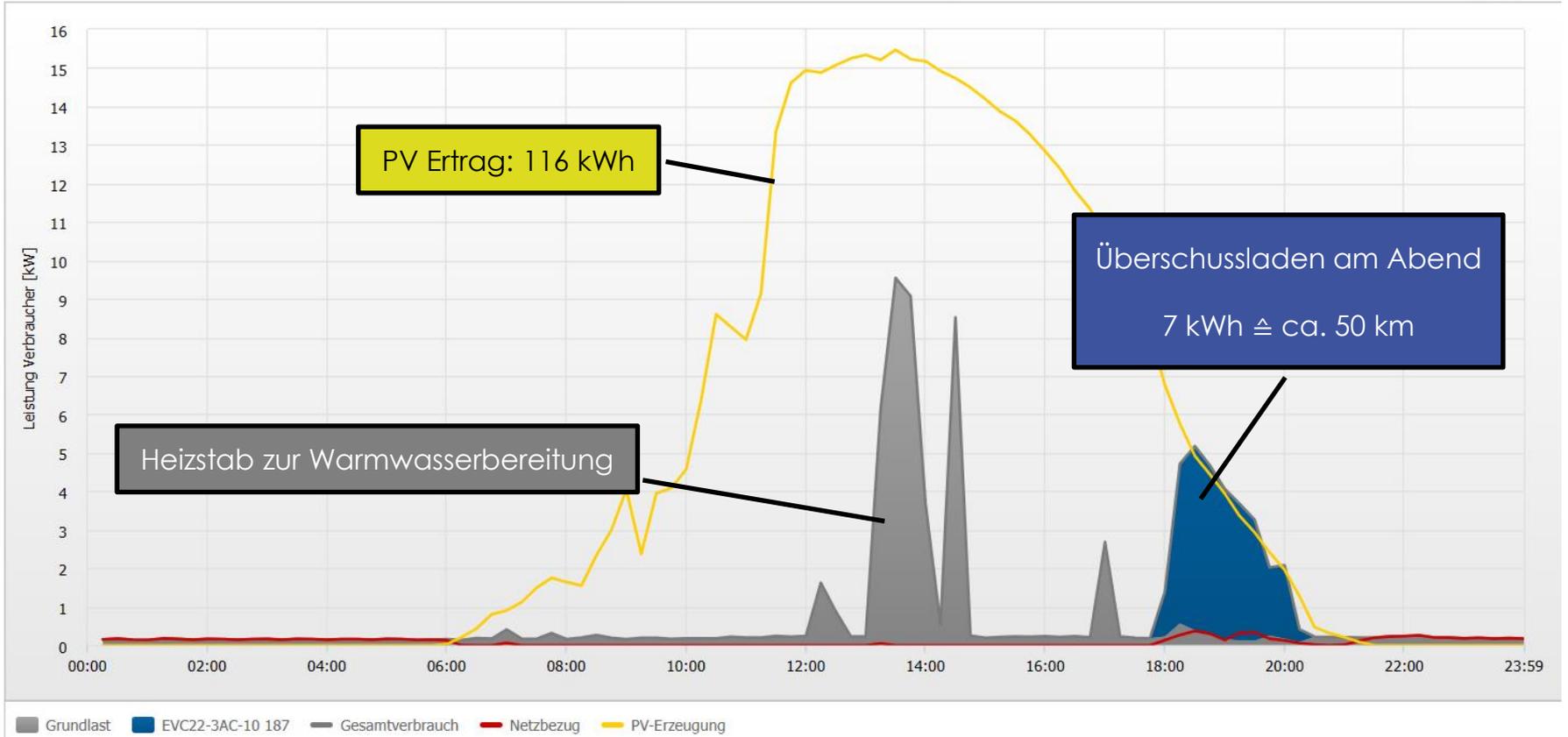
Laden im Winter

< Sonntag, 01. Januar 2023 >



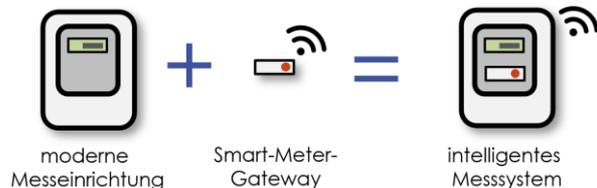
Laden im Sommer

< Donnerstag, 23. Juni 2022 >

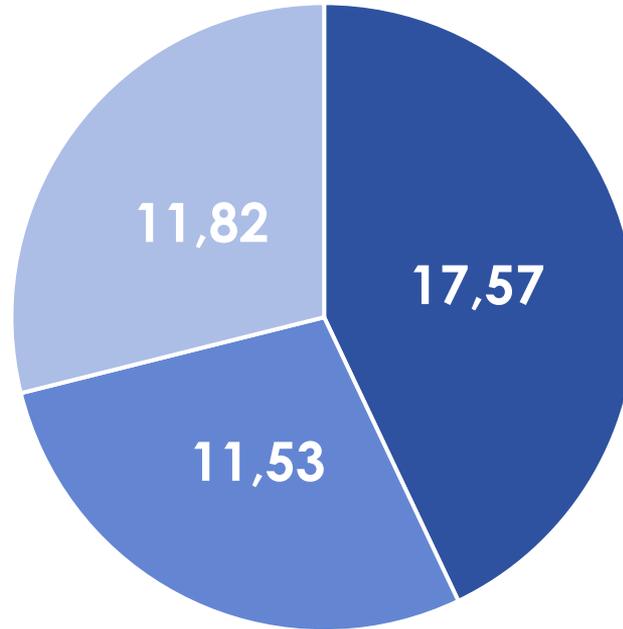


Exkurs: Dynamische Stromtarife

- Voraussetzung:
 - Intelligentes Messsystem / Smart Meter
 - Stabile Internetverbindung
- Unterscheidung:
 - Zeitvariabler Tarif: oft Preiskorridor für Tarif oder monatlicher Mittelwert
 - Dynamischer Tarif: meist stundengenaue Abrechnung zu aktuellen Börsenstrompreisen
- Vorteile:
 - Günstiger Strom für flexible Verbraucher mit hoher Transparenz
 - Strom zu niedrigen Börsenstrompreisen auch oft sehr sauber
 - Gute Ergänzung zu eigener PV-Anlage für Winter bzw. Windstromzeiten
- Nachteile:
 - Evtl. höhere Entgelte für Smart Meter
 - Risiko höherer Börsenstrompreise geht auf Nutzer über



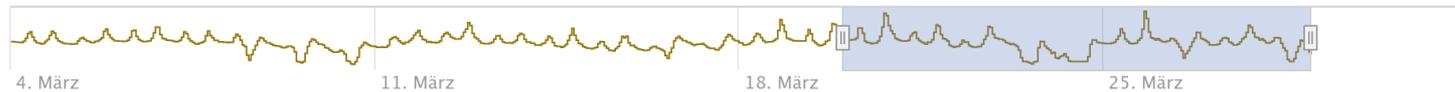
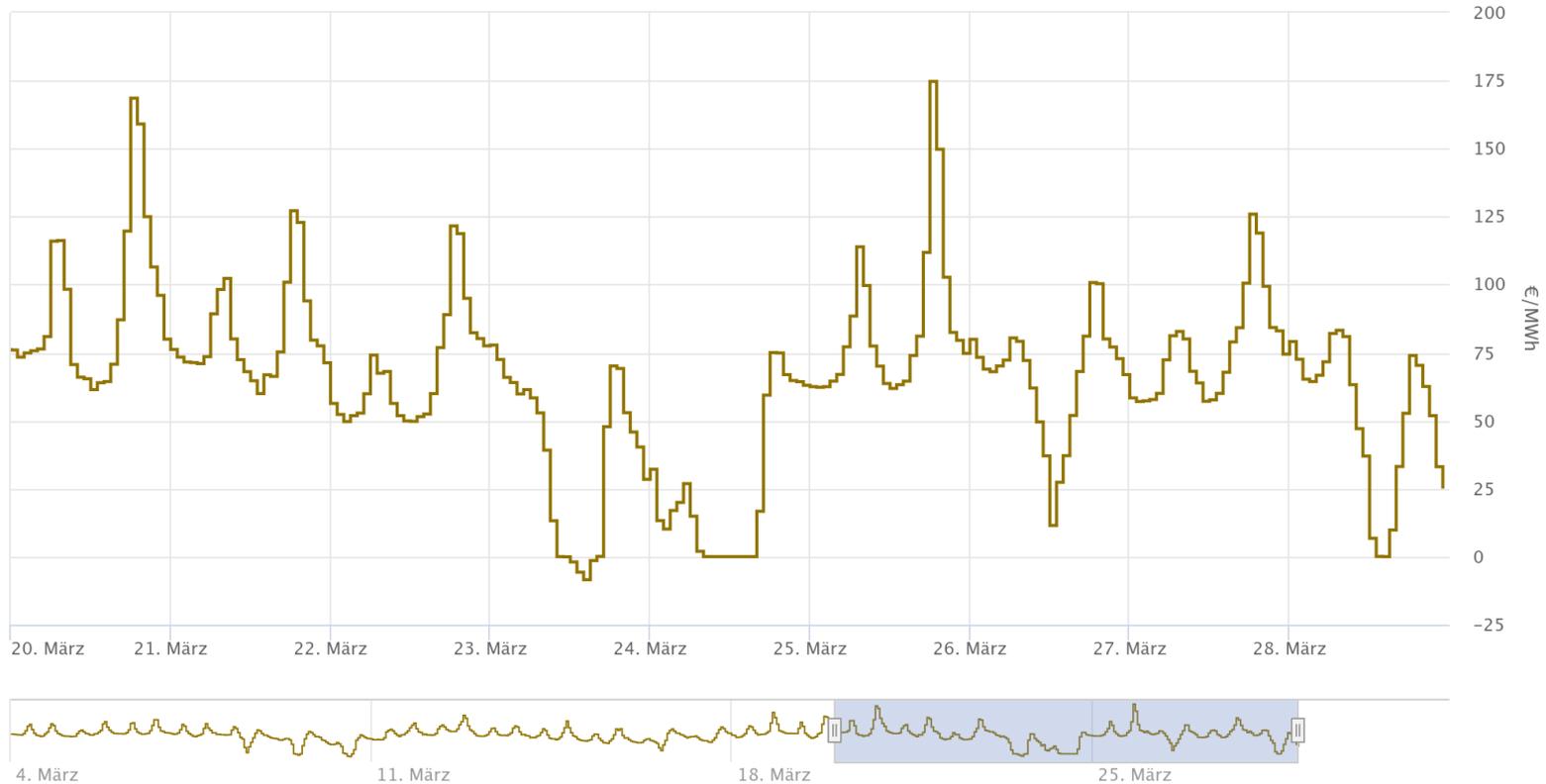
Strompreiszusammensetzung Haushaltskunden in ct/kWh



**Gesamt:
40,92 ct/kWh**

- Beschaffung, Vertrieb und Marge
- Netzentgelte inkl. Messung und Messtellenbetrieb
- Steuern, weitere Abgaben und Umlagen

Aktueller Verlauf Börsenstrompreise



Quelle: Bundesnetzagentur | SMARD.de

Aktueller Verlauf Börsenstrompreise



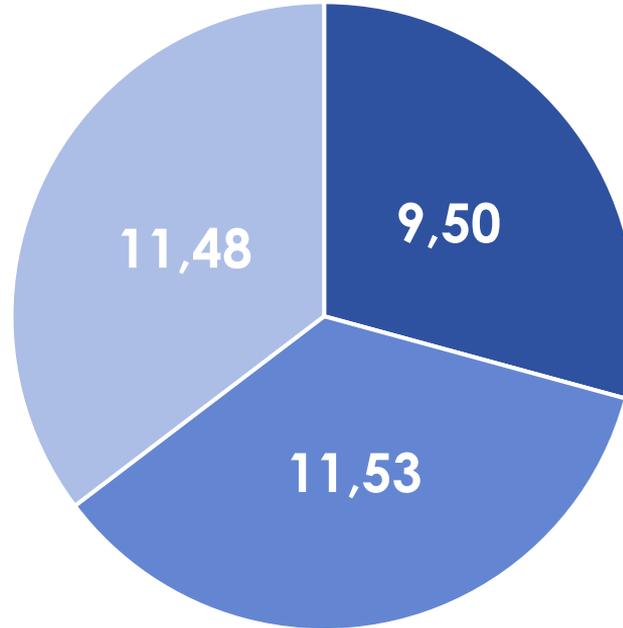
Quelle: Bundesnetzagentur | SMARD.de

Aktueller Verlauf Börsenstrompreise



Quelle: Bundesnetzagentur | SMARD.de

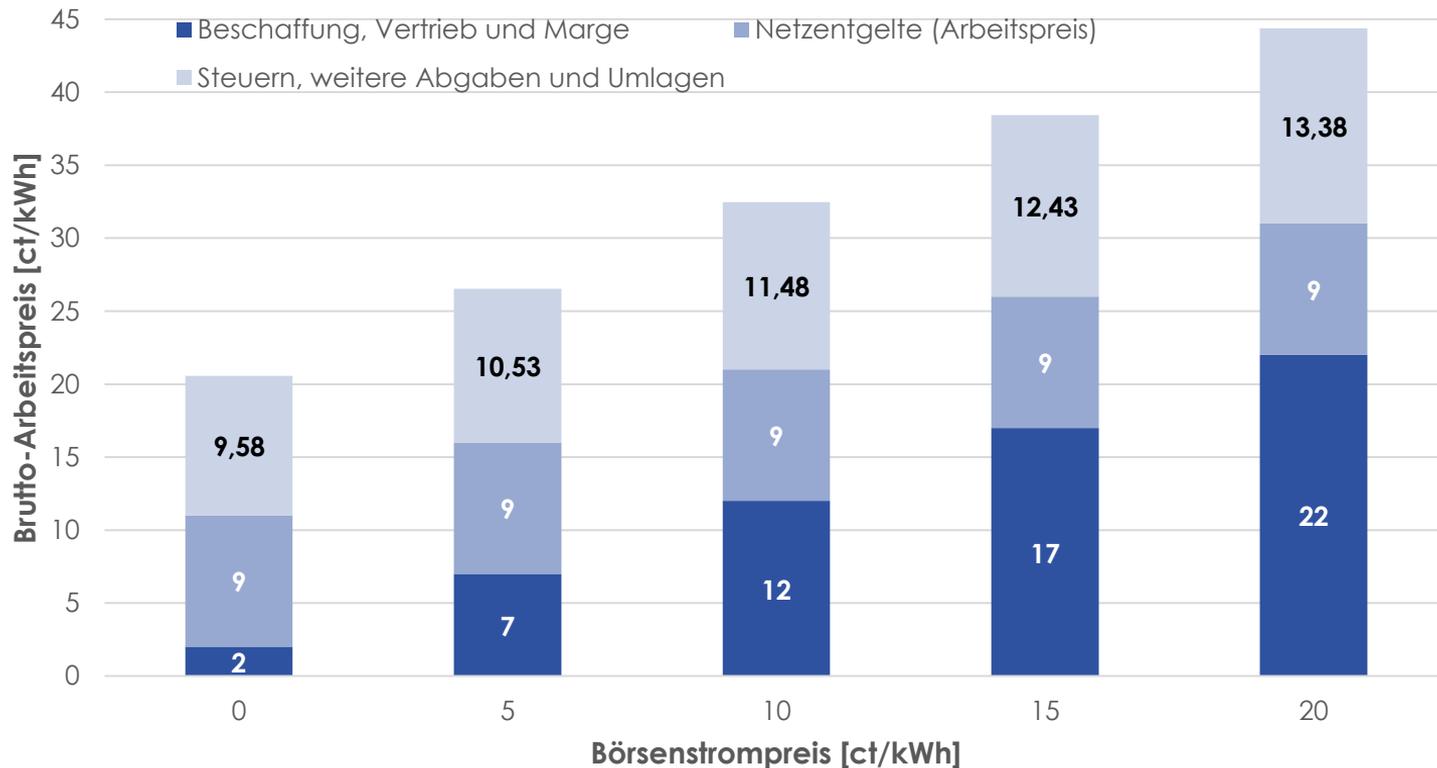
Strompreiszusammensetzung Haushaltskunden in ct/kWh



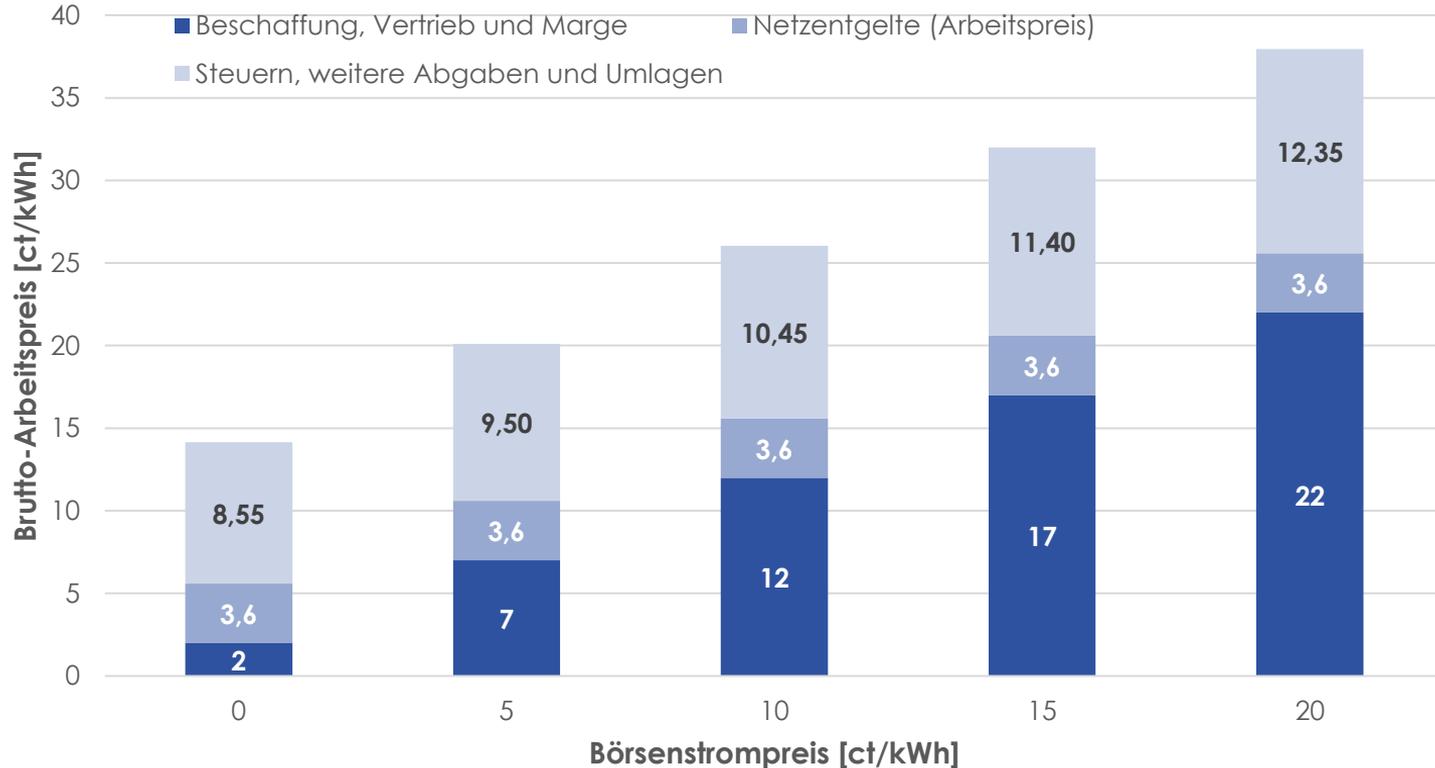
**Gesamt:
32,51 ct/kWh**

- Beschaffung, Vertrieb und Marge
- Netzentgelte inkl. Messung und Messtellenbetrieb
- Steuern, weitere Abgaben und Umlagen

Strompreis (Arbeitspreis) je nach Börsenstrompreis

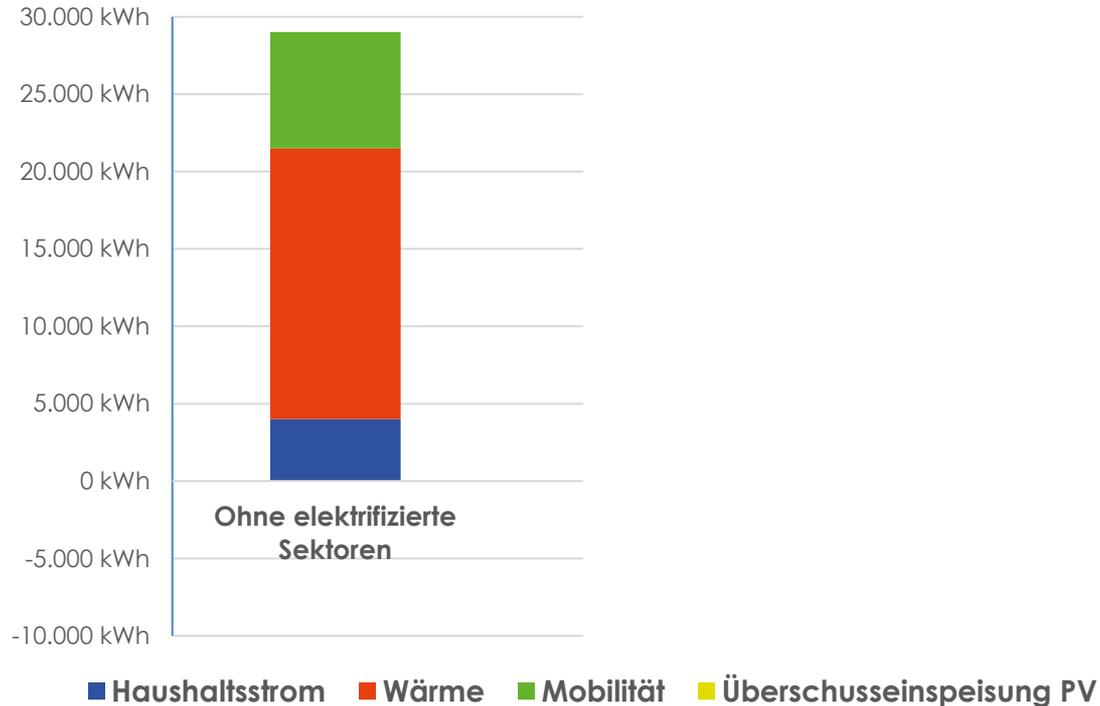


Strompreis (Arbeitspreis) mit reduzierten Netzentgelten*



Sektorenkopplung mit Photovoltaik

Energiebezug



Quelle: Eigene Berechnung + Simulation

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: 20 kWh/100km

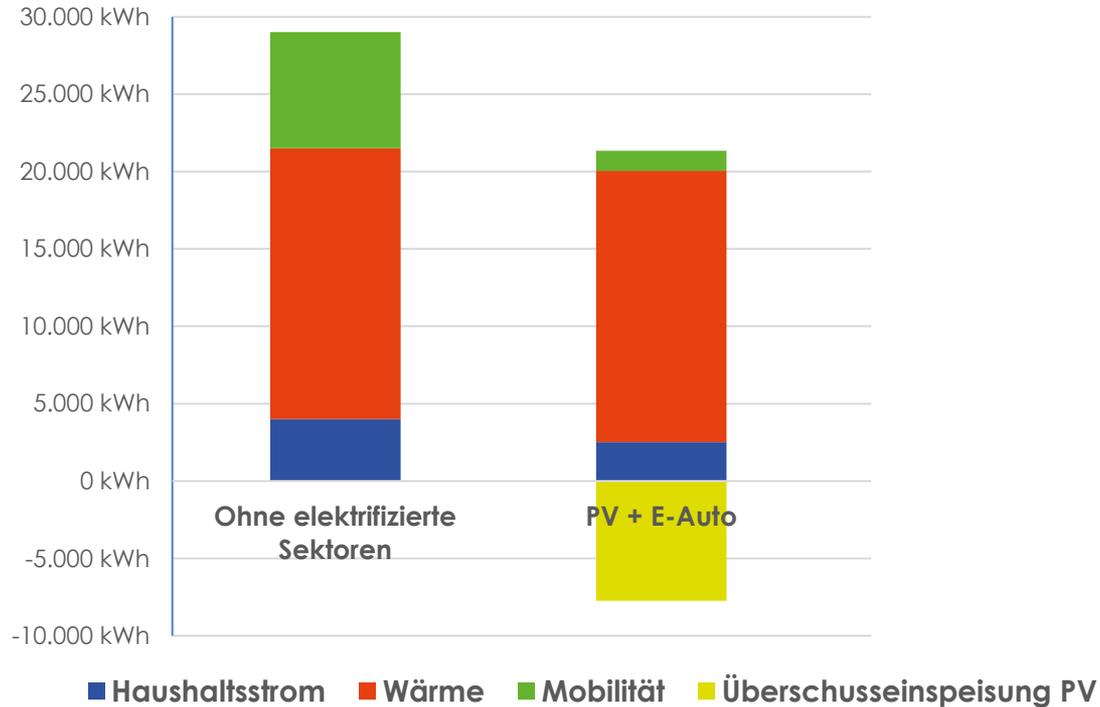
Eigenverbrauchspotential:

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

Autarkiegrad WP: 25-35 %

Sektorenkopplung mit Photovoltaik

Energiebezug



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: 20 kWh/100km

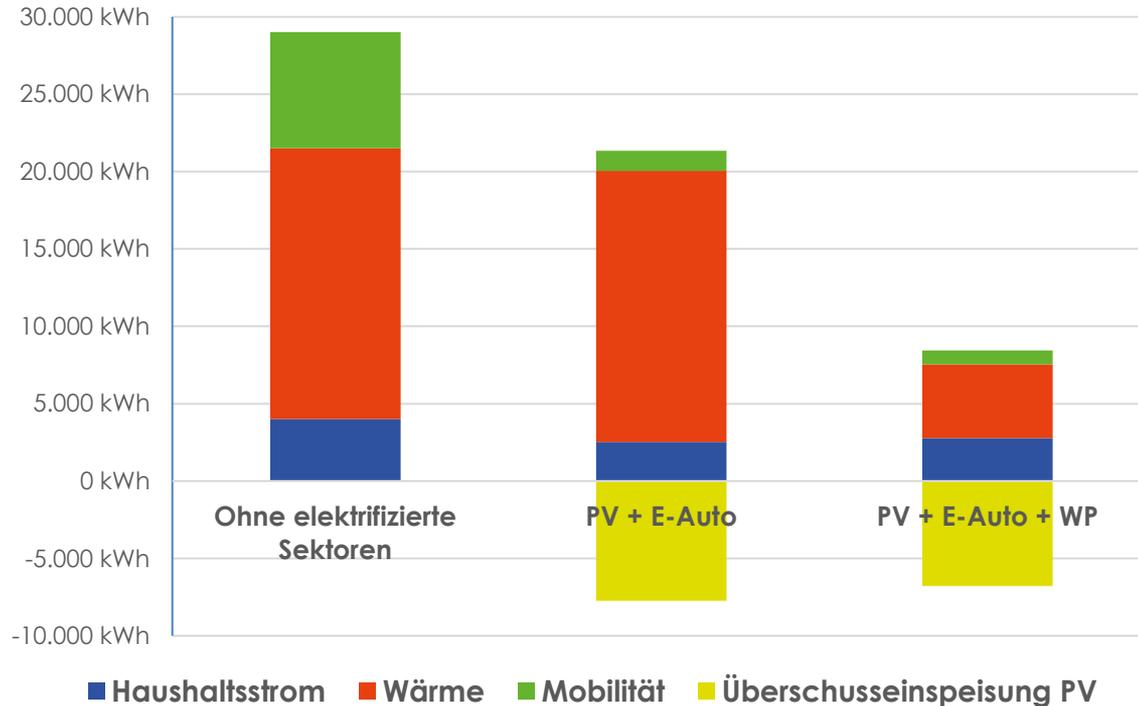
Eigenverbrauchspotential:

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

Autarkiegrad WP: 25-35 %

Sektorenkopplung mit Photovoltaik

Energiebezug



Ausgangsdaten:

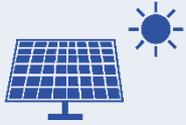
- Haushalt: 4.000 kWh/a
- Haus: 150 m², 100 kWh/m²
- PV: 10 kWp, 1.084 kWh/kWp
- Fahrzeug: 15.000 km/a
- Verbrenner: 5 l/100km
- E-Auto: 20 kWh/100km

Eigenverbrauchspotential:

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

Autarkiegrad WP: 25-35 %

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



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

„PV-Freiflächenanlagen – Grundlagen und Rahmenbedingungen“

Am 01.04.2025 um 14:00 Uhr, online

→ [zur Anmeldung](#)



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

„Batteriespeicher im Eigenheim“

Am 28.04.2025 um 16:00 Uhr, online

→ [zur Anmeldung](#)



C.A.R.M.E.N.-WebSeminare zur energetischen Gebäudemodernisierung

„Gebäudehülle“ – „Heizen mit Holz und WP“ – „Split-Klimageräte, Infrarotheizungen und Co.“

06. – 08.05.2025, jeweils um 17:00 Uhr (online)

→ [zur Terminübersicht](#)

Energiewende Privat

Georgensgmünd, 26.03.2025

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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

www.carmen-ev.de



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