

# Energieeffizienz-Forum Heuchelheim (HENEf)



Willkommen zum Präsenz- und Online-Seminar:

Mi 07.05.2025, 19:00 h, Großer Sitzungssaal der Gemeinde Heuchelheim

*Dem Initiator und langjährigen Betreuer dieses Forums gewidmet, Jürgen Engelhardt † 8.4.2025*

## **Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand**

*Referent: Prof. Dr. Jörg Sundermeyer, Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Chemie*

- Mythen – Grundlagen und wissenschaftlicher Faktencheck  
zu **wirtschaftlichen**, **baulichen** und **physikalischen** Rahmenbedingungen mittels  
**Amortisationsrechnung**, **Bestandsbauanalyse** und **Effizienzsteigerungen** (120 Minuten)
- Typische Tages-, Monats- und Jahres-**Energieprofile und Energiebilanzen** (30 Minuten)
- **Zusammenfassung, Diskussions- und Beratungsangebot** (30 Minuten)



Chemistry Department  
Prof. Dr. Jörg Sundermeyer

Philipps



Universität  
Marburg

**Green Chemistry and its Opportunities to  
Contribute to a more Sustainable World**

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

Die 3 hartnäckigsten **Mythen**, die sich dieser These entgegenstellen

**NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen

**SO'N SCHMARRN** – wegen baulicher Rahmenbedingungen

**EIN NO GO** – wegen physikalischer Rahmenbedingungen

Langlebige Mythen gedeihen nicht selten **auf einer gewissen Faktenbasis**

Nach ihrer Geburt verkommen sie in den (Internet-) Medien allerdings oft zu

**undifferenziertem Fake-Wissen** → **wissenschaftlicher Faktencheck!**

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

Diskussionsteil I

**NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen?

*Faktencheck*

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

**NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen....

**Narrativ:** Die **ökologisch sinnvolle Wärmepumpe** in einem schlecht isolierten Bestandsbau wird zu einer **ökonomisch katastrophalen Kostenfalle!**

Selbst der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) spricht von einer „**Todeszone für die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen**“ aufgrund des speziell in Deutschland „tödlichen“ **Kostenverhältnisses 3,25 von 1 kWh Strom- zu 1 kWh Erdgas-Energie!**

→ Die gleiche Energiemenge Strom kostet derzeit 3,25-mal so viel wie in Form von Erdgas!

**Fakt:** In anderen europäischen Ländern mit höherem Grad an Elektrifizierung liegt das **Energie-Kostenverhältnis Strom zu Gas mit ca. 2,0 bis 2,5** viel günstiger für Verbraucher.

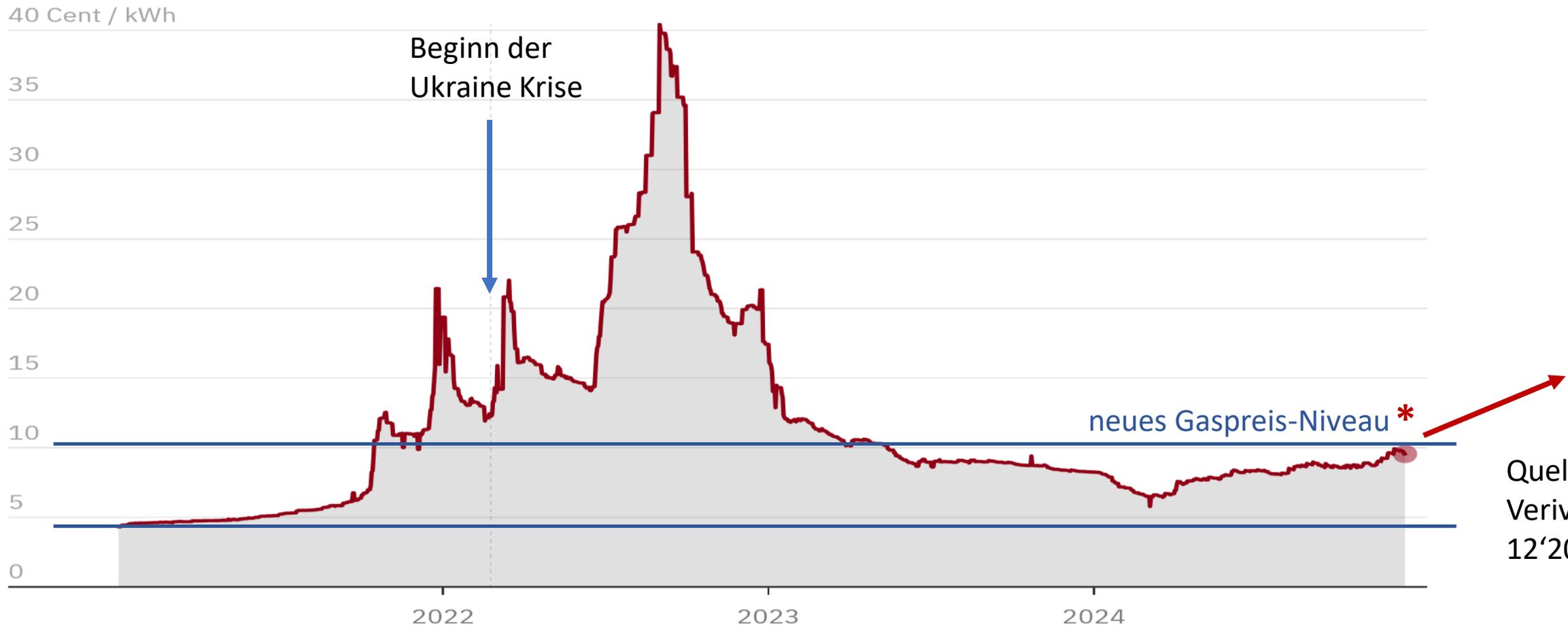
**Folge:** Elektrifizierung von Heizung und Mobilität wird speziell in Deutschland ausgebremst und blieb bislang ein Thema für Technik-Liebhaber und manche Wohlhabende!

# Fakten sind aber auch

- eine Verdoppelung der Gaspreise\* bereits vor der Ukraine-Krise
- eine weiter zunehmende EU-weite Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises\*
- Umlage der Gasnetz-Nutzungsentgelte\* auf immer weniger Nutzer

## Deutschland Erdgaspreise

Die Entwicklung der **durchschnittlichen Gaspreise** für Haushaltskunden bei einem angenommenen Jahresverbrauch von 20.000 kWh in Cent pro Kilowattstunde.



Quelle:  
Verivox  
12'2024

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

## **NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen....

**Fakt** ist auch, dass der Einbau ein und derselben Wärmepumpe in Deutschland um den Faktor 1,5 bis 2 mal so viel kostet wie in Frankreich oder England.

**Gründe:** Ungedeckelte staatliche Subventionen, vergleichsweise hohe Lohnkosten, Engpass an Fachhandwerkern, Einbau nur durch eine begrenzte Zahl von Meisterbetrieben, Zwischenhandel durch Großhändler und Meisterbetriebe statt Discountpreise im Internethandel, zu wenig standardisierte Routine, sprichwörtliche Bürokratie in Deutschland....

**Investment-Faustformel:** Installationsaufwand & Komplexität sind für WP höher/teurer als für Gastherme. 60-70% der Investition sind aber sehr langlebig. Nach 15-25 Jahren muss i.d.R. der Kompressor getauscht werden, Speicher & Hydraulik halten i.d.R. 25-30 Jahre.

**Staatliche WP-Förderung:** mindestens 50%, seit 2024 gedeckelt bei 30.000 € Gesamtkosten

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

**NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen....

## Die Lösung:

- mehr Konkurrenz bei Hardware und Handwerk,
- kürzere Einbauzeiten durch standardisierte Modulbauweise für Hydraulik & Elektrik,
- verdienter Mehrwert durch Handwerkservice und Beratung, weniger durch Zwischenhandel

## Verführungen tapfer widerstehen:

Neue gleichgroße Ersatz-Brennwerttherme Vaillant ecoCompact VCC 206/4-5 150 vom Internet-Discounter frei Haus geliefert für 3.865 € statt Listenpreis 7.707 €, Standort & Hydraulik identisch, d.h. Anschluss max. 6 h Arbeitszeit:  $\Sigma < 6.000$  €

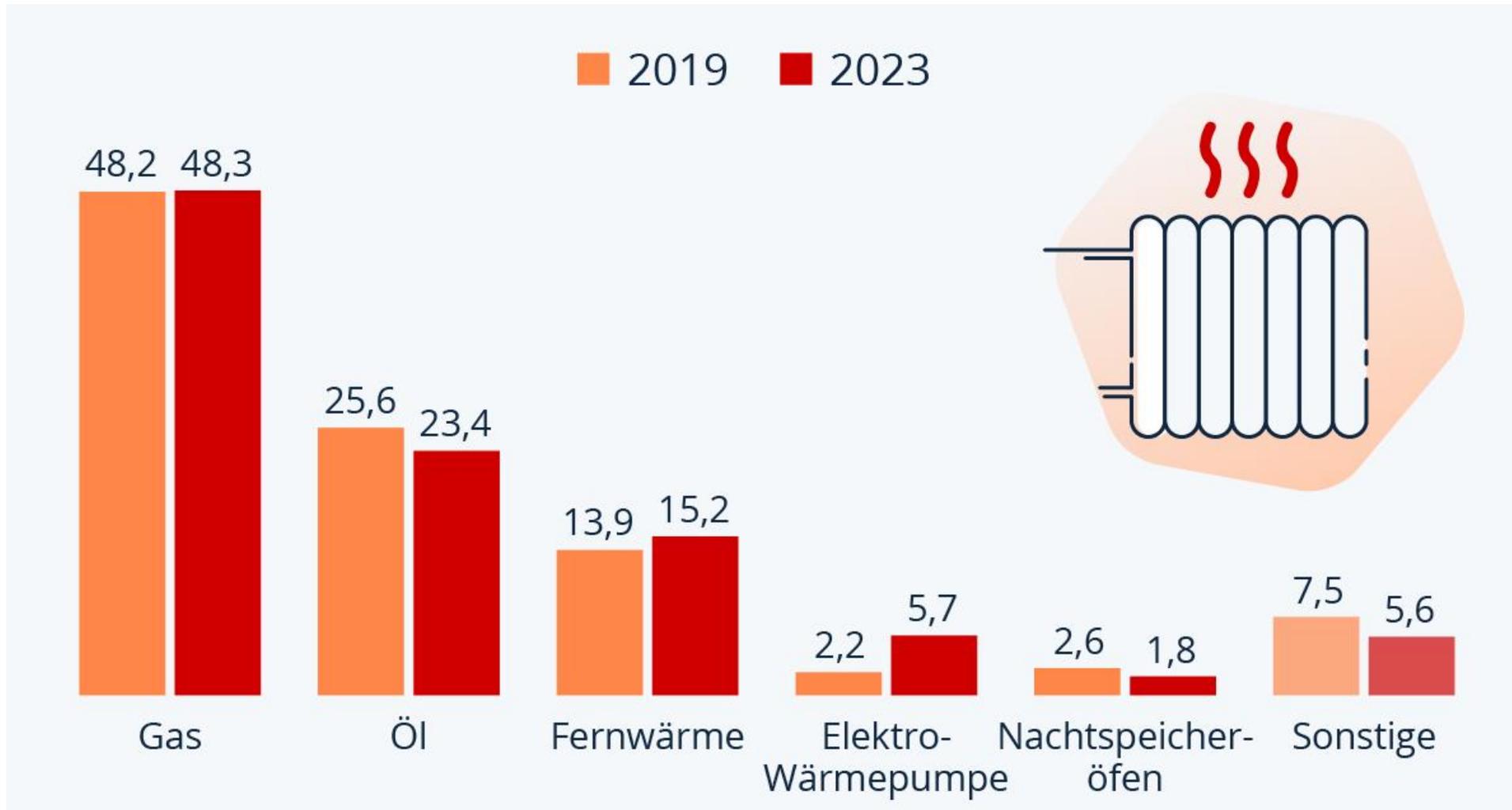


Eine 8 kW Wärmepumpe wird diese →  
22 kW Brennwert-Gastherme ersetzen

21 Jahre alte Vaillant ecoCompact VSC 196-C 150, 22 kW Gastherme, 0,42 m<sup>2</sup> Stellfläche, 150 L WW-Speicher.

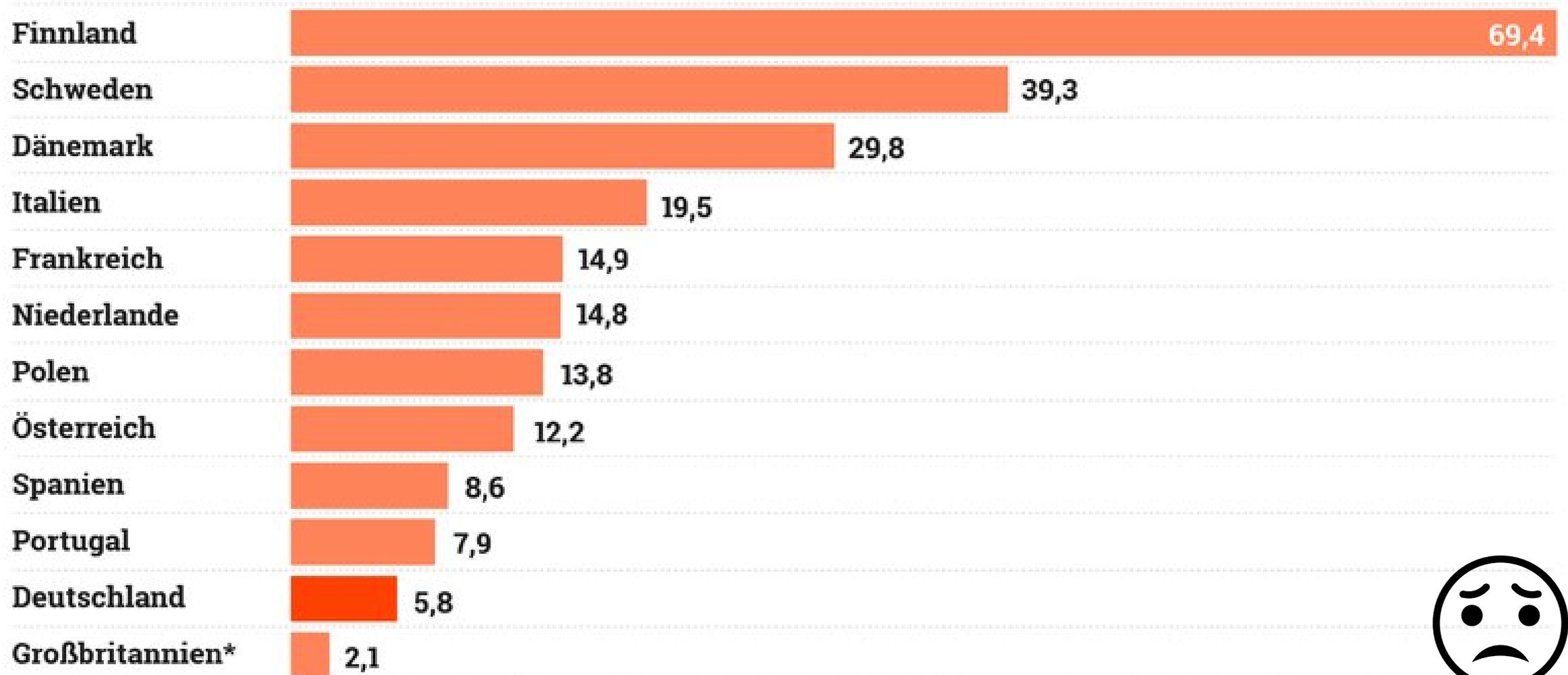
# Wie werden Wohnungen in Deutschland Ende 2023 geheizt?

- Verteilung in Prozent auf Basis von 41,9 Millionen Wohnungen



**Quelle:** Statista, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft

# In der EU 2022 verkaufte Wärmepumpen pro 1000 Haushalte



\* Die Zahlen Großbritanniens sind nicht offiziell, sondern eine auf Expertenmeinungen basierende Schätzung.

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

**EIN NO GO** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen....

## Gegenmaßnahmen: Steigerung...

- 1) der **Wirtschaftlichkeit** durch verlässlich berechenbare **Amortisationsrate** und **Rendite**.
- 2) der **Wirtschaftlichkeit** des Gesamtsystems durch **Synergieeffekte & Sektorkopplung**.
- 3) der **CO<sub>2</sub> Bepreisung** weltweit – schwierig ohne globalen Konsens – oder „CO<sub>2</sub>-Zoll“ bei EU-Einfuhren.

## Gegenmaßnahmen: Verringerung der Stromkosten...

- 4) durch **Nutzung von Skaleneffekten** bei Vergrößerung der PV-Dachgröße und PV-Akkugröße.
- 5) durch **Belegung** vorzugsweise aller bereits **versiegelter Flächen wärmeneutral mit PV – Modulen**.
- 6) durch **Minimierung der relativen Investkosten** & Mitnahme der **Einspeisevergütung als Gewinn**.

## Kostentreiber für den Ökostrompreis

- 7) notwendiger **Netzausbau**, nicht-amortisierbare **Reservekraftwerke** und **Redispatch**-Maßnahmen.
- 8) **Strom aus Speichern** ist derzeit noch um den Faktor 2-3 mal so teuer wie der reine Erzeugungspreis.
- 9) **Lagerbare Energiestoffe** wie Wasserstoff, Ammoniak, synthetisches Methan und e-Kerosin, hergestellt aus Ökostrom-Überschüssen, sind noch 2-3 mal so teuer wie das fossile Pendant.

# Wirtschaftlichkeitsprognose zum eigenen Umstieg von Gas + Benzin auf PV-Strom

Haus Bj. 2003, 200 m<sup>2</sup>, 2-5 Pers., 22 kW Gas-Brennwerttherme, fossiler PKW

Wärmeenergieverbrauch  $\emptyset$  2010 – 2022: **15.500 kWh/200 m<sup>2</sup> = 77,5 kWh/m<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  Eff.-Klasse C**

**Fossil:** 15.500 kWh Gas + 3.800 kWh Strom + 20.000 km x 8L/100km Benzin = 1.600 L Benzin/1,80 €  
**2023  $\rightarrow$  1.580 €/a + 1.570 €/a + 2.900 €/a = Jahreskosten fossil 6.050 € p.a.**

**51.900 Euro Investition 2024** in 13,6 kWp PV-Dach + 12,8 kWh PV-Akku + 8 kW Wärmepumpe + Wallbox

**Näherung:** 15.500 kWh Gas x 0,95 Gas-Wirkungsgrad = 14.725 kWh / **JAZ 4,6 = 3.200 kWh WP-Strom**

**Wärmeenergieverbrauch 2024 – 2025: 3.200 kWh/200 m<sup>2</sup> = 16,0 kWh/m<sup>2</sup>  $\Rightarrow$  Eff.-Klasse A+**



**Jahresbilanz unseres avisierten Plus-Energie-Passivhauses inkl. E-Mobilität:**

**0 kWh Gas + Benzin + 6.700 kWh el. Hausendenergie + 3.800 kWh für 20.000 km E-Mobilität**

**Solare Energieerzeugung: 12.000 kWh/a** aus 13,6 kWp PV-Generator + 10 kWp Wechselrichter

**$\Sigma$  10.500 kWh/a**

- 3.200 kWh** für Wärme & Warmwasser mit Hocheffizienzwärmepumpe
- 3.500 kWh** für Licht, Hausgeräte, Lüftungsanlage, Regenwassernutzung, Sauna...
- 3.800 kWh** für 20.000 km E-Mobilität pro Jahr (19 kWh/100km)

X % im Eigenverbrauch

**Fazit: 1.500 kWh Guthaben statt 6.000 €/a Kosten** ergäbe Amortisationszeit von < 10 Jahren  $\rightarrow$  **klares GO!**

## Weitere wirtschaftliche Vorteile durch synergetische Nutzung der drei Säulen PV-Dach / PV-Akku – Wärmepumpe / Speicher – Wallbox / E-Auto (BEV):

- **BEV** - Sportwagen-Performance (320 PS - 5,3 Sek auf 100 kmh<sup>-1</sup>, Allrad) für den Preis eines Verbrenner-Mittelklasse-Wagens: 52.000 Euro BEV-Neupreis ohne Kauf-Förderung.
- Autosteuererlass 200 €/Jahr, THG-E-Mobil Bonus ca. 200 €/Jahr, kostenfreie Parkplätze 50 €/Jahr,
- „kostenlose“ **Mobilität** im 200 km – Radius um die eigene Wallbox durch **dynamisches PV-Überschussladen** in 8 von 12 Monaten sowie zum Teil kostendeckende Verrechnung der Einspeisevergütung des Sommers mit Netzbezug in den 4 Wintermonaten.
- **Wertsteigerung der Immobilie** durch energetische Sanierung und Anhebung der Energieeffizienz-Klasse C auf A+ ...statistisch plus 350-400 €/m<sup>2</sup> x 200 qm = +70.000 – 80.000 Euro.
- Grundpreis für den stillgelegten Gasanschluss: 170 €/Jahr gespart (Tendenz stark steigend).
- Strom für den Betrieb der stillgelegten Gastherme: ca. 200 kWh/Jahr = 80 €/Jahr gespart.
- Schornsteinfeger-Gebühren: 115 €/Jahr gespart.

**Potential für 70-80.000 € Wertsteigerung der Immobilie und weitere 815 € Gutschriften p.a.**

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

Diskussionsteil I

**NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen?

Realkosten-Minimierung durch Synergie der drei Säulen

PV-Dach & PV-Akku

PV-Überschuss-Wallbox & BEV

Wärmepumpe & Wärmespeicher

*mittels Förderung & nach Abschreibung*

Investitionen 2023/24	Rechnungen inkl. MwSt. 82.031 € abzüglich Förderung 30.130 € (36,73%)	Eigenanteil 51.901 €
13,6 kWp PV-Generator 12,8 kWh BYD LFP Akku Kostal Plenticore plus 10 Hybridwechselrichter, inkl. Montage	35.569 € - 19% (MwSt. Förd. 5.679 €) = 29.890 € -3.200 € kommunale Förderung = 26.690 € Aufteilung formal in 19.000 € (PV+WR zu 1.400 €/kWp) 7.690 € (PV-Akku zu 600 €/kWh)	26.690 €
Lambda EU08L Wärmepumpe DuoLink Speicher von Link3, Speicher-intern: Druckausgleich- behälter und Frischwasserstation, Monoblock und Hydraulik Montage inkl. Nachfüllstation.	15.449 + 19% = 18.384 € 7.695 + 19% = 9.157 € 11.941 € inkl. MwSt. f. Lohn + Installationsmaterial Gesamtrechnung: 39.482 € inkl. MwSt. -45% (BAFA Förd. 17.767) = 21.715 € -1.500 € kommunale Förderung	20.215 €
Elektroanschluss der Wärme- pumpe + Verteilerkasten-Anbau	3.049 € - 45% (BAFA Förd. 1.372) = 1.677 €	1.677 €
Fundament für Wärmepumpe betonieren, 3 m Grabenarbeiten	1.361 € -45% (BAFA Förd. 612) = 749 €	749 €
11 kW PV-Wallbox openWB Montage	2.570 € (keine Förderung mehr)	2.570 €

# Prognose zur Amortisation der Sektoren **PV-Dach-Heimakku-WP-BEV** ab 2025/26

Die Amortisationszeit könnte sich halbieren, die Amortisationsrate verdoppeln, falls langfristig ein hoher PV-Eigenstromverbrauch über 70% gelingt

**In einem realistischen Szenario:**

- durch 70% Abdeckung der Ladung des neuen BEV mit PV-Eigenstrom in 8/12 Monaten
- Max. 30% Fernfahrten >200 km Radius um Marburg
- im Winter durch Speicherung von 10 Cent günstigem Nachtstrom aus dem Netz im BEV und Hausakku – bidirektionaler Vehicle-to-Home Verbrauch.

**Voraussetzung:**

- zum **dynamischen PV-Überschussladen** fähige Wallbox, das E-Auto (BEV ) steht mittags zuhause
- => 3.000 kWh p.a. weniger Einspeisung bzw. höherer Eigenstromverbrauch 
- **Folge:** eine um Gewinnfaktor >1:4 gesteigerte Rendite vgl. Einspeisung 8 Ct/kWh – Bezug > 32-40 Ct/kWh

- durch 20-30% Abdeckung des Winterstromverbrauchs der Wärmepumpe in 4/12 Monaten
- durch 100% WP-Abdeckung in 8/12 Monaten

**Voraussetzung:**

- **Top-Effizienz der Wärmepumpe + großer PV-Akku**
- **Gut isoliertes Haus und Niedertemperaturheizung**

**Ab Jahr 15 bis 30** ist mit folgenden **Re-Investitionen** inkl. Montagekosten zu rechnen: 

Neuer 12 kW Wechselrichter 3.000-4.000 €, neuer 15 kWh Heimakku 3.000-4.000 €, neuer Industriestandard-WP-Kompressor 4.000 €, unerwartete Wartungskosten 3.000 € =  $\Sigma$  **15.000 €** 

**→ Rendite der abgeschriebenen technischen Anlagen steigt um Faktor ~3,5 (51.901 € Investition / 15.000 € Re-Investition)**

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

Diskussionsteil I

**NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen?

**Kosten**

- des Umstiegs von Gas-Brennwerttherme auf Wärmepumpe (ohne PV)
- des Einstiegs in Dach-PV (ohne PV-Akku)

*Amortisationsbetrachtung*

# Umstiegskosten von Gastherme auf Wärmepumpe – Amortisation ohne PV-Vorteil

**200 m² EFH, Bj. 2003, Effizienzklasse C, 78 kWh/m², 15.500 kWh p.a. Gasverbrauch:**

6.000 Euro für **Ersatz-Brennwerttherme** zzgl. 20 Jahre Energie+Wartung kosten >80.020 € 😱

30.000 Euro – 15.000 Förderung = **15.000 €** für **Mittelmaß-Wärmepumpe**  
zuzüglich 20 Jahre **Energie+Wartung** kosten 52.440 € 😊

45.000 Euro – 15.000 Förderung = **30.000 €** für **High-End-Wärmepumpe**  
zuzüglich 20 Jahre **Energie+Wartung** kosten 63.620 € 😞

**200 m² Altbau, Bj. 1979, Effizienzklasse F, 180 kWh/m², 36.000 kWh p.a. Gasverbrauch:**

10.000 Euro für **Ersatz-Brennwerttherme** zzgl. 20 Jahre Energie+Wartung kosten >163.980 € 😱

30.000 Euro – 15.000 Förderung = **15.000 €** für **Mittelmaß-Wärmepumpe**  
zuzüglich 20 Jahre **Energie+Wartung** kosten 107.300 € 😞

45.000 Euro – 15.000 Förderung = **30.000 €** für **High-End-Wärmepumpe**  
zuzüglich 20 Jahre **Energie+Wartung** kosten 96.540 € 😊

Der Rechenweg ist auf der folgenden Seite nachvollziehbar angegeben. Benötigt wird ein

**Teuerungsratenrechner:** <https://www.finanzen-rechner.net/inflationsrechner.php>

# 200 m<sup>2</sup> EFH (EFK-C) vs Altbau (EFK-F) – Umstiegskosten & Amortisation **ohne PV**

Umstiegskosten + Betriebskosten inkl. MwSt.	EFH 15.500 kWh p.a. HZ+WW	Altbau 36.000 kWh p.a. HZ+WW
<b>Ersatz-Brennwert-Gastherme + Speicher installiert</b>	<b>6.000 €</b>	<b>10.000 €</b>
Stadtwerke Marburg Gas-Arbeitspreis 13,9 Ct/kWh + Grundpreis 12 x 14 €/Monat (2025)	2.155 €/a 168 €/a	5.004 €/a 168 €/a
<b>Energie von 2025 bis 2045 (Durchschnitt p.a.) bei einer <b>Teuerungsrate von 3% p.a. über 20 Jahre</b></b>	<b>2.323 bis 4.195 (Ø 3.259 €/a) steigende CO<sub>2</sub> &amp; Gasnetz-Entgelte</b>	<b>5.172 bis 9.341 (Ø 7.257 €/a) sind hier nicht einmal berücksichtigt</b>
Wartung 200 €/a + Schornsteinfeger 115.- (2025-2045)	315 bis 569 (Ø 442 €/a)	315 bis 569 (Ø 442 €/a)
<b>Gesamtkosten Gas-Neuinstallation + 20 Jahre Betrieb</b>	<b>6.000 + 20 x 3.701 = 80.020 €</b>	<b>10.000 + 20 x 7.699 = 163.980 €</b>
<b>Umstieg auf Wärmepumpe + Speicher installiert</b>	30.000–15.000 Förd.= <b>15.000 € Mittelmaß* JAZ-3,9 / VL-50°C</b>	45.000-15.000 Förd.= <b>30.000 € Premium* JAZ-4,5 / VL-55°C</b>
Stadtwerke Marburg Wärmestrom-Eintarif 27,10 Ct/kWh Betriebsmittelkosten Strom 2025 + Grundpreis 12 x 9,22 €/Monat (2025)	15.500 x 0,95/3,9 = 3.776 kWh/a x 27,1 Ct/kWh = <b>1.023 €/a</b> <b>111 €/a</b>	36.000 x 0,95/4,5 = 7.600 kWh/a x 27,1 Ct/kWh = <b>2.060 €/a</b> <b>111 €/a</b>
<b>Energie von 2025 bis 2045, Teuerungsrate 3% p.a.</b>	<b>1.134 bis 2.048 (Ø 1.591 €/a)</b>	<b>2.171 bis 3921 (Ø 3.046 €/a)</b>
Wartung 200 €/a (2025-2045)	200 bis 361 (Ø 281 €/a)	200 bis 361 (Ø 281 €/a)
<b>Gesamtkosten WP-Neuinstallation + 20 Jahre Betrieb</b>	<b>15.000 + 20 x 1.872 = 52.440 €*</b>	<b>30.000 + 20 x 3.327 = 96.540 €*</b>

**\*Anmerkung:** Gleicher Altbau mit Mittelmaß-Wärmepumpe (JAZ-3,0/VL-55) ergibt 15.000 + 20 x 4.615 = **107.300 €**

Gleiches Eff.-KL B-C Haus mit Hocheffizienz-WP (JAZ-4,5/VL-45) ergibt 30.000 + 20 x 1.680 = **63.620 €**

## Botschaften zum Nachdenken, Nachrechnen und Diskutieren:

Sie leben in einem **schlecht gedämmten, dennoch werthaltigen Bestandsgebäude**, dann amortisiert sich die Investition in eine **hocheffiziente High-End-Wärmepumpe**, einen **Effizienzwärmespeicher** und in **Niedertemperatur-Heizkörper**

- wesentlich rascher als High-End-Technik im gut isolierten **Niedrigenergiehaus**
- sehr viel schneller als die vergleichsweise hohe Investition in **Fassadendämmung**
- ggf. auch viel rascher als ein **teurer Fenster- und Türentausch** - je nach Zustand !

Lediglich eine **preiswerte Decken- und Dachisolierung von innen(!) und Warmluftabdichtung zum Dach** amortisiert sich i.d.R. rasch binnen 10-30 Jahren,

- der Rest energetischer Dämmmaßnahmen eher binnen 30-100 Jahren (**eher Werterhalt**)
- ganz im Gegensatz zur Wärmepumpe und PV-Dach! (**eher Betriebskostensenkung**)
- Nehmen Sie das durch die Wärmepumpe eingesparte Geld für die Re-Investition und nachgeordnet zur Außendämmung der Gebäudehülle in der Perspektive >25 Jahre!

**Problembereich:** WP-Investition von 25-35.000 € in ein Haus, das nur 90.000 € wert ist!

## Einstiegskosten in Dach-PV für Plugin-Hybridauto – ohne PV-Akku & WP – Rendite 10,8 %

**Investition** in 13,6 kWp **PV-Generator** (34 Module auf Süddach)  
mit 10 kWh Kostal Plenticore Plus **Wechselrichter inkl. Montage** -19.000 €

### Nutzungshorizont 25 Jahre für PV-Anlage

**Reinvestition: Wechselrichtertausch** nach 12,5 Jahren wegen Verschleiß -3.500 €

**Musterhaus: PV-Produktion 5'24 – 4'25:** 13.157 kWh, 11.136 kWh **Einspeisung**

**PV-Direktverbrauch:** 2.021 kWh von 3.800 kWh/a, 53% des Hausverbrauchs

Verdient: **891 € Einspeisevergütung** für 11.136 kWh x 0,08 €/kWh

**Einspeisevergütung in 25 Jahren** (limitiert auf 20 Jahre) =  $20 \times 891 \text{ €} =$  +17.820 €

Unser Musterhaus ohne Akku/WP: nicht gekaufter, direkt verbrauchter Strom pro Jahr

2.021 kWh x 0,37 €/kWh = 748 € p.a. bei 3% Teuerungsrate 2024–2049: 748–1.566 €



**Durchschnittliche Stromersparnis pro Jahr**  $1.157 \text{ €} \times 25 \text{ Jahre Nutzung} =$  +28.925 €

**19.000** –12,5 a → **3.500** –12,5 a → **0 Restwert** + 46.745 € gespart → **24.245 € bereinigter Gewinn**

(891+1.157) €/a Stromgewinne ergäben **Amortisation** des Anfangsinvestments 19.000 € in **9,3 Jahren**

## Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

Diskussionsteil I

**NEVER EVER** – wegen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen?

**Kostenvergleich:**

25 Jahre Technik-Beharrung im Oldie-Szenario Gastherme-Benzinauto

25 Jahre Freude an Technik-Innovation: Wärmepumpe & PV-Dach & BEV

*Amortisationsbetrachtung*

# 25 Jahre fortschrittsfeindliche Technik-Beharrung im Szenario Gastherme-Benzinauto

Individuelle **Kosten-Nutzen-Rechnungen für Ihr Projekt unter Ihren Rahmenbedingungen** bietet die **TransMIT GmbH**

<b>Reinvestition in neue Brennwert-Gastherme für 2025 -2050</b>	<b>-6.000 €</b>
25 Jahre <b>Erdgas</b> , 15.500 kWh/a, 1.580 €/a zuzgl. 3% Teuerungsrate	<b>-61.100 €</b>
25 Jahre 3.800 kWh <b>Netzstrom</b> p.a. für 0,37 €/kWh zuzgl. 3% Teuerungsrate	<b>-54.375 €</b>
<b>Entgelte</b> Gasnetznutzung 168, Schornsteinfeger 115, Wartung 200 = 483 €/a x25, 3% T.	<b>-18.675 €</b>
<b>Reinvestition 2025-2040 in Benzin-Verbrennerauto</b> der gehobenen Mittelklasse	<b>-52.000 €</b>
15 Jahre <b>erhöhte Wartungskosten</b> , Auspuff/Kat./Ölwechsel vs BEV 600 €/a x15 + 3% T.	<b>-11.513 €</b>
<b>steuerlicher Vorteil von BEV</b> vs Verbrenner & $\Sigma$ <b>THG-Prämien</b> pauschal 800 €/a x 15	<b>-12.000 €</b>
15 Jahre <b>Benzin</b> , 8 L /100km, 1,80 €/L, 20.000 km/a, 2.900 €/a x 15 + 3% T.	<b>-55.635 €*</b>
15 Jahre <b>CO<sub>2</sub> Emissionen</b> von 10 Tonnen/Jahr bei Steigerung des CO <sub>2</sub> -Preises von 550 €/10 Tonnen (2025) auf 2.750 €/10 Tonnen (2040) p.a. ( $\emptyset$ 1.650 €/a)	<b>-24.750 €*</b>
<b>51.900–6.000 = 45.900 € altern. Geldanlage 6% x 25 a: 3% Rendite über 3% Inflation</b>	<b>+50.204 €*</b>
<b>Summe der Ausgaben vermindert durch Gewinne alternativer Geldanlagen</b>	<b>-245.844 €</b> 🤔

\*unberücksichtigt: Benzin + CO<sub>2</sub>-Abgaben in >15 J. & 25% Kapitalertragssteuer auf Alternativ-Investment

# 25 Jahre fortschrittsfreundliche Technik im Szenario Wärmepumpe – PV-Dach – BEV

Investition in PV-Dach, PV-Akku, Wärmepumpe mit Wärmespeicher & Wallbox -51.901 €

Reinvestition nach 15-25 Jahren(?) in neuen WP-Kompressor 4.000 € - vgl. S. 23

24 x Wartung 150 € : Öl- und Kältemittelstand prüfen, zzgl. 3% Teuerung -5.460 €

Investition in vollelektrisches BEV der gehobenen Mittelklasse (15 a, 300.000 km) -52.000 €

Versprochene Rückzahlungen des Staates aus den CO<sub>2</sub>-Einnahmen an Bürger(?)  
sowie TGH-Prämien und Steuernachlass für BEV pauschal 800 € x 15 = +12.000 €

## Bilanz-Datenbasis: 12 Monate 5'24 – 4'25 Wärmepumpe, PV-Dach & E-Mobilität:

PV-Erzeugung: 13.157 kWh/a                      Hausverbrauch: 9.219 kWh/a

Einspeisung: 8.028 kWh/a x Einspeisevergütung 0,08 €/kWh = 642 €/a x 20 limitiert +12.840 €

Netzstrom-Zukauf Haus: 4.080 kWh/a x 0,271 €/kWh +111 €/a Zähler = 1.217 € x 25 +3% T. -47.062 €

Netzstrom-Zukauf am DC-SuperCharger für 6.000 km p.a. Fernreisen >200 km Radius  
um die eigene WB (30% von 20.000 km/a) kosten Ionity-Grundpreis 144 €/a

+ Tarif: 0,39 €/kWh x 6.000 km x 20 kWh/100 km = 612 €/a x 25 a = -15.300 €

**Bilanz: 51.901 € Green-Investment spart neben CO<sub>2</sub> mindestens 245.844 €**  **-146.883 €**

**= Δ 98.961 € vs Szenario Beharrung**

# Wie lange hält eine Luft-Wasser-Wärmepumpe?

**Statistik:** durchschnittlich 15-20 Jahre - aber 10 Jahre und bis zu 40 Jahre sind ebenso drin

Bei einer Wartung alle 2 Jahre - Überwachung des Öl- und Kühlmittelstands – ist das **Ende der Lebenszeit eines Kolben-Kompressors i.d.R. nach ca. 50.000 – 80.000 Takten / Anlaufphasen des Kompressors erreicht.**

**Prognose unserer WP: 54 Jahre ? = 50.000 / 931 Schaltzyklen des Kompressors im ersten Jahreszyklus.**

Zu idealem Takt-Verhalten tragen bei:

- der **hydraulisch teilentkoppelte Link3-Wärmemanager/-speicher**
- eine hoffentlich **nicht überdimensionierte Auslegung der Wärmepumpenleistung.**

In den **4 Wintermonaten** sollte die **WP modulierend auf 25-70% der maximalen Kompressorleistung**

**24/7 durchlaufen** - nahezu ohne zu takten - was der Heizkreis nicht aufnimmt, geht in den Speicher.

In **2 x 2 Übergangsmonaten** März –April und Sept.-Okt. finden die **Takt-Weltmeisterschaften** statt:

verschleißfördernd und energetisch ineffizient, sofern  $\gg 12$  Takte pro 24 h.

In **4 Sommermonaten: 1-2 Takte/24 h** für die Brauchwassererwärmung.

**Die Hysterese der Speicherbeladung ist die Stellschraube, um der Wärmepumpe Takt beizubringen.**



**Nota Bene:** Am Lebensende muss i.d.R. nur der Kompressor, das Herz der WP getauscht werden:

bei **Hardwarekosten von 800-1.500 Euro sind das inkl. Montage 3.000-4.000 €.**

All die anderen Hydraulik-Komponenten wie Verrohrung, WW- und HZ-Speicher, Fundament, Hausanschluss halten i.d.R.  $> 40$  Jahre für die nächste WP-Generation....

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

Diskussionsteil II

**SO'N SCHMARRN** – wegen baulicher Rahmenbedingungen?

*Faktencheck*

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

**SO'N SCHMARRN** – wegen baulicher Rahmenbedingungen....

## Zu hinterfragende **Mythen**:

- 1) Wärmepumpen sind nur zu empfehlen bei gut gedämmten Neubauten mit Fußbodenheizung. Sie passen nicht zu Altbauten mit klassischen Heizkörpern. **falsch<sup>1)</sup>**
- 2) Wärmepumpen mit Pufferspeicher benötigen viel Platz im Haus. **falsch 1 m<sup>2</sup> Fläche reicht**
- 3) Mit Wärmepumpen kann man kein 15-Parteien-Mietshaus heizen. **kein Problem**
- 4) Luft-Wasser-Wärmepumpen sind laute, hässliche Nervensägen. **falsch, das war einmal**
- 5) Mindestabstände zu Nachbarn, Fenstern, Türen und Kellerschächten (bei brennbarem Propan R290 Kältemittel) können nicht eingehalten werden. **i.d.R. nicht zutreffend**
- 6) Bei Stromausfall wegen Dunkelflaute bekomme ich mit meiner Öl- oder Gasheizung im Gegensatz zur Wärmepumpe keine kalten Füße **die Schadenfreude währt nur in der Phantasie!**

<sup>1)</sup> Abschlussbericht Fraunhofer ISE 2020, [www.wp-monitoring.ise.fraunhofer.de /wp-smart-im-bestand](http://www.wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/wp-smart-im-bestand)

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

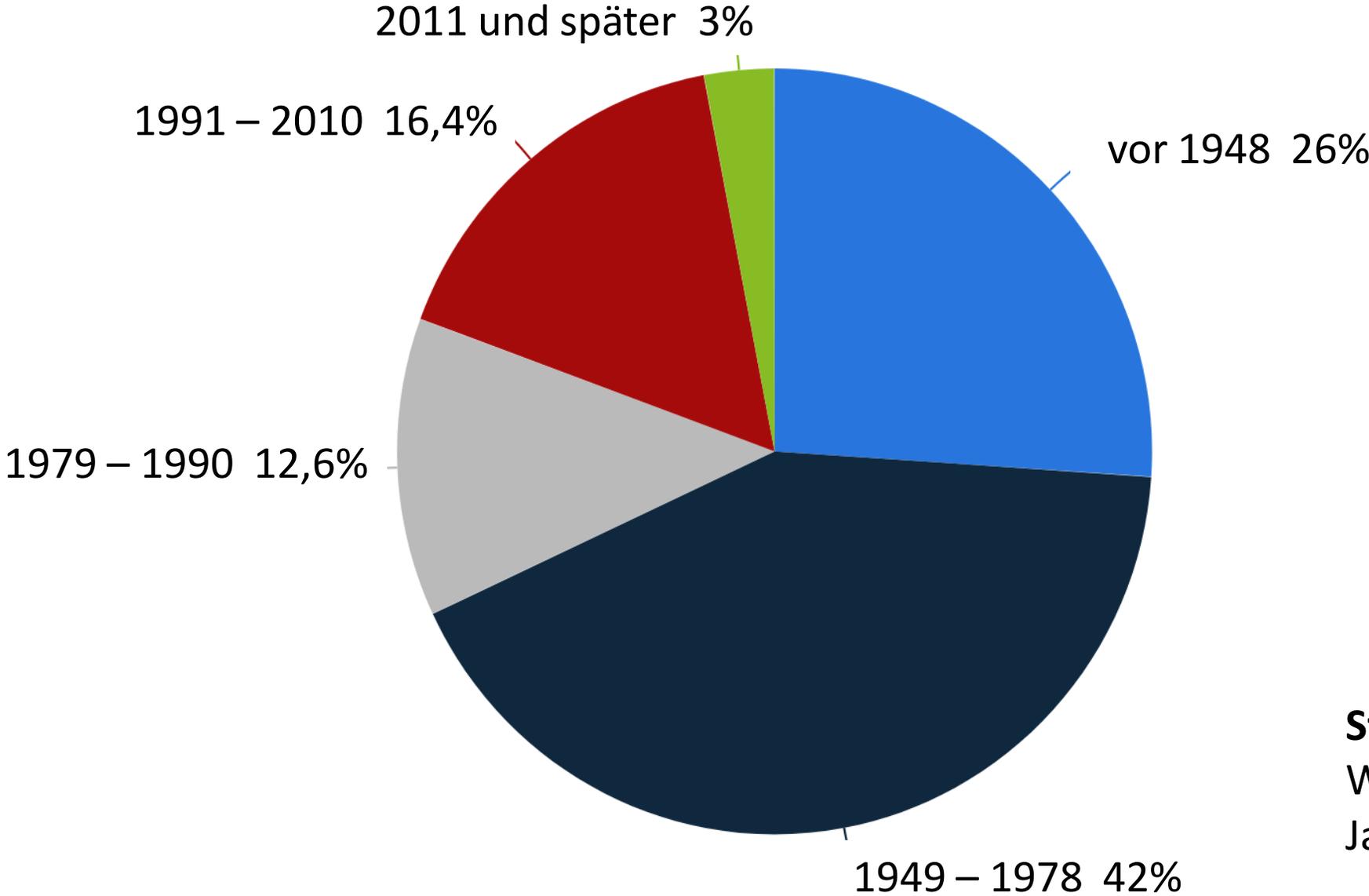
**SO'N SCHMARRN** – wegen baulicher Rahmenbedingungen....

**Fakten:** In Verbindung mit Dach-PV und/oder Windenergie gibt es keine andere Wärme erzeugungsmethode, die über das ganze Jahr betrachtet effizienter, umwelt- und klimafreundlicher, am Ende der typischen Laufzeit von 20 Jahren garantiert auch preiswerter Wärme in den Bestandsbau bringt als die Wärmepumpe.

Die besonders wirtschaftlichen Luft-Wasser-Monoblock-**Wärmepumpen sind quasi der private Anschluss an ein selbst betriebenes, unabhängiges, lokales Warmwassernetz.**

Einzig ein kommunales Nah- oder Fernwärmenetz innerhalb eines dichten städtischen Quartiers kann nahezu mithalten, umweltfreundliche Wärme erzeugung aus Ökostrom, Solarthermie oder Abfallwärme vorausgesetzt. Mit dem Netzanschluss begibt man sich aber über viele Jahre in eine vertragliche, i.d.R. **teure Abhängigkeit vom Wärmelieferanten als Monopolisten** – **bei der Stromlieferung ist das erfreulich anders!**

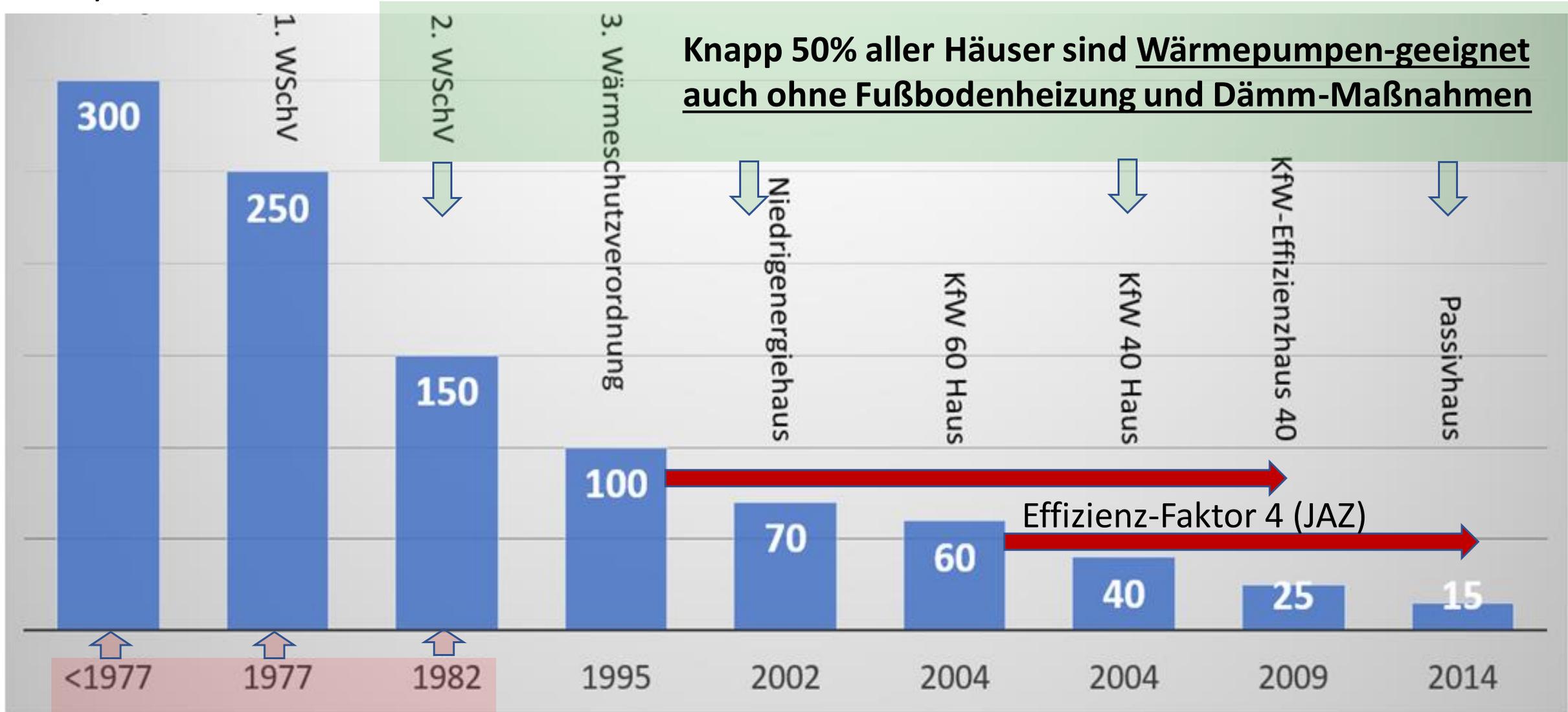
# Der Bestand von Gebäuden mit einem Isolierungsstandard von VOR 1990 (!) ...liegt in Deutschland bei ca. 80 Prozent



**Statista 2024:** Verteilung der Wohnungen in Deutschland im Jahr 2018 nach dem Baujahr.

# Entwicklung des energetischen Baustandards

Hausverbrauch für Wärme  
kWh/m<sup>2</sup> im Jahr



Knapp 50% aller Häuser sind Wärmepumpen-geeignet  
auch ohne Fußbodenheizung und Dämm-Maßnahmen

<1977 1977 1982  
ca. 70% aller Häuser

Boost der Energie-Effizienz allein durch Umstieg von Gas/Öl auf WP

Effizienz-Faktor 4 (JAZ)

Hausverbrauch für Wärme kWh/m<sup>2</sup> im Jahr



## Sanierung des energetischen Standards im Bestand

Wie mache ich die gut 50% aller übrigen Altbauten fit für den Einbau vorzugsweise einer ökonomischen Hocheffizienz-Wärmepumpe?

Die wichtigsten der wirtschaftlich effizienten Maßnahmen orientieren sich an der **Erzielung des WP-Ready-Status: HZ-VL auf max. 55°C senken!**

- Innendämmung der Gebäudehülle, insbesondere des Dach(boden)s, viel preiswerter als Fassaden-Außendämmung oder Fenstertausch.
- Warmluft-Lecks durch Fenster, Türen und Dachflächen schließen.
- Wo gibt es Potential für Niedertemperatur-Decken- oder Wandheizungen?
- Wo gibt es Wandflächen für hocheffiziente Niedertemperatur-Aluminium- oder Gebläse-Stahlheizkörper? **Jeder Altbau lässt sich mit 55°C Vorlauftemperatur einer Wärmepumpe heizen** - zukünftig preiswerter als mit Gas! **Dies ist eine Frage der minimal erforderlichen Dämmung, der Wärmetauscherfläche, des Wärmeflusses, der Wärmestrahlung und der Konvektion!**
- Volumenstrom im Heizkreis erhöhen bei möglichst niedriger VL-Temperatur.
- Einfachverglasung? → mind. Doppelverglasung od. Wärmeschutzverglasung.
- Kontrollierte zentrale oder dezentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung.

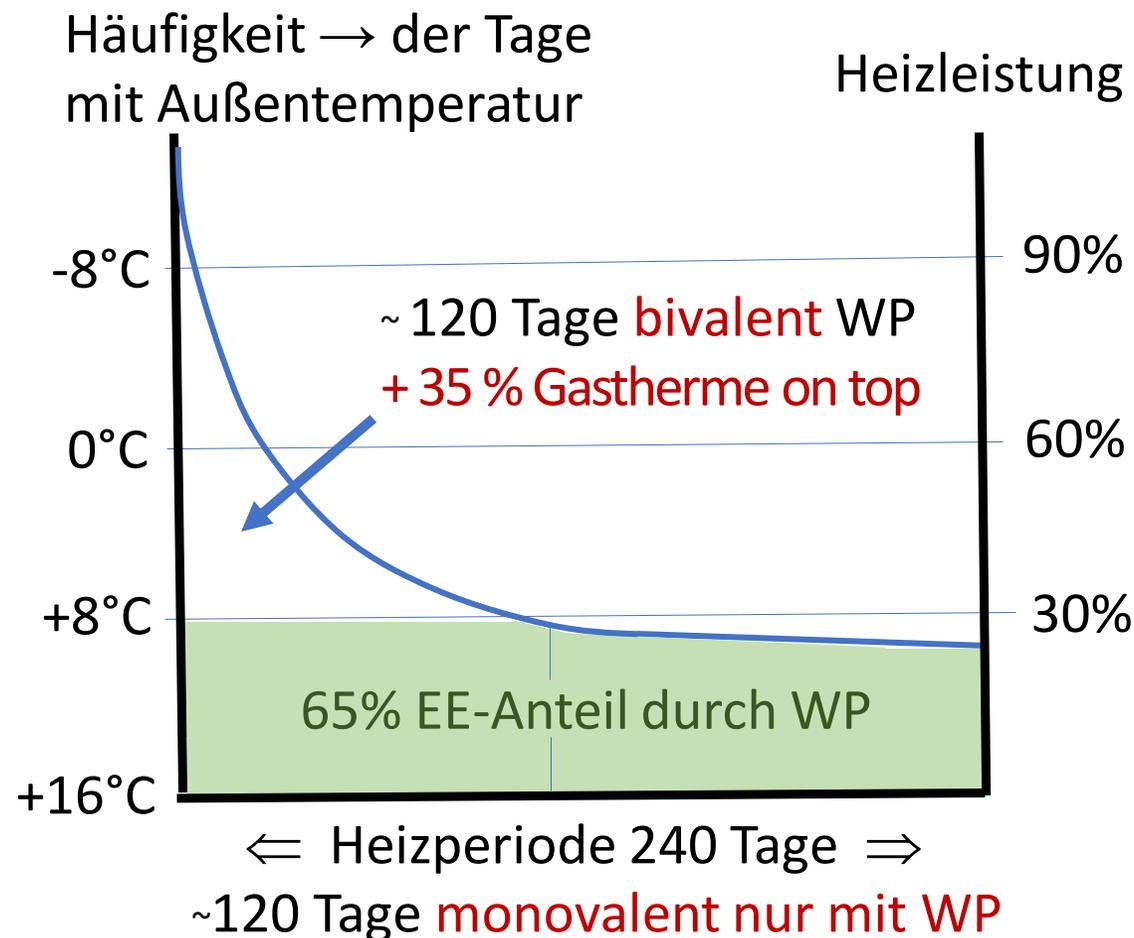
# Energieeffizienzklassen in Energieausweisen für Wohngebäude ab Mai 2014

Energieeffizienzklasse	Endenergiebedarf oder -verbrauch *	Ungefähre jährliche Energiekosten pro Quadratmeter Wohnfläche **
<b>A+</b>	unter <b>30 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	etwa <b>3 Euro</b>
<b>A</b>	<b>30 bis unter 50 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>8 Euro</b>
<b>B</b>	<b>50 bis unter 75 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>13 Euro</b>
<b>C</b>	<b>75 bis unter 100 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>18 Euro</b>
<b>D</b>	<b>100 bis unter 130 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>24 Euro</b>
<b>E</b>	<b>130 bis unter 160 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>30 Euro</b>
<b>F</b>	<b>160 bis unter 200 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>37 Euro</b>
<b>G</b>	<b>200 bis unter 250 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>47 Euro</b>
<b>H</b>	über <b>250 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>60 Euro und mehr</b>

Quelle: Verbraucherzentrale NRW, Pflicht zur Wertermittlung bei Hausverkauf & Vermietung, \*\* bei 13 ct Gas/kWh

# Hybridheizung Gas-Wärmepumpe – GEG-konforme Kombilösung mit 65% EE

...eher für weniger werthaltige, wirtschaftlich schwer sanierbare Altbauten >200 kWh/m<sup>2</sup>a



## Vorteile:

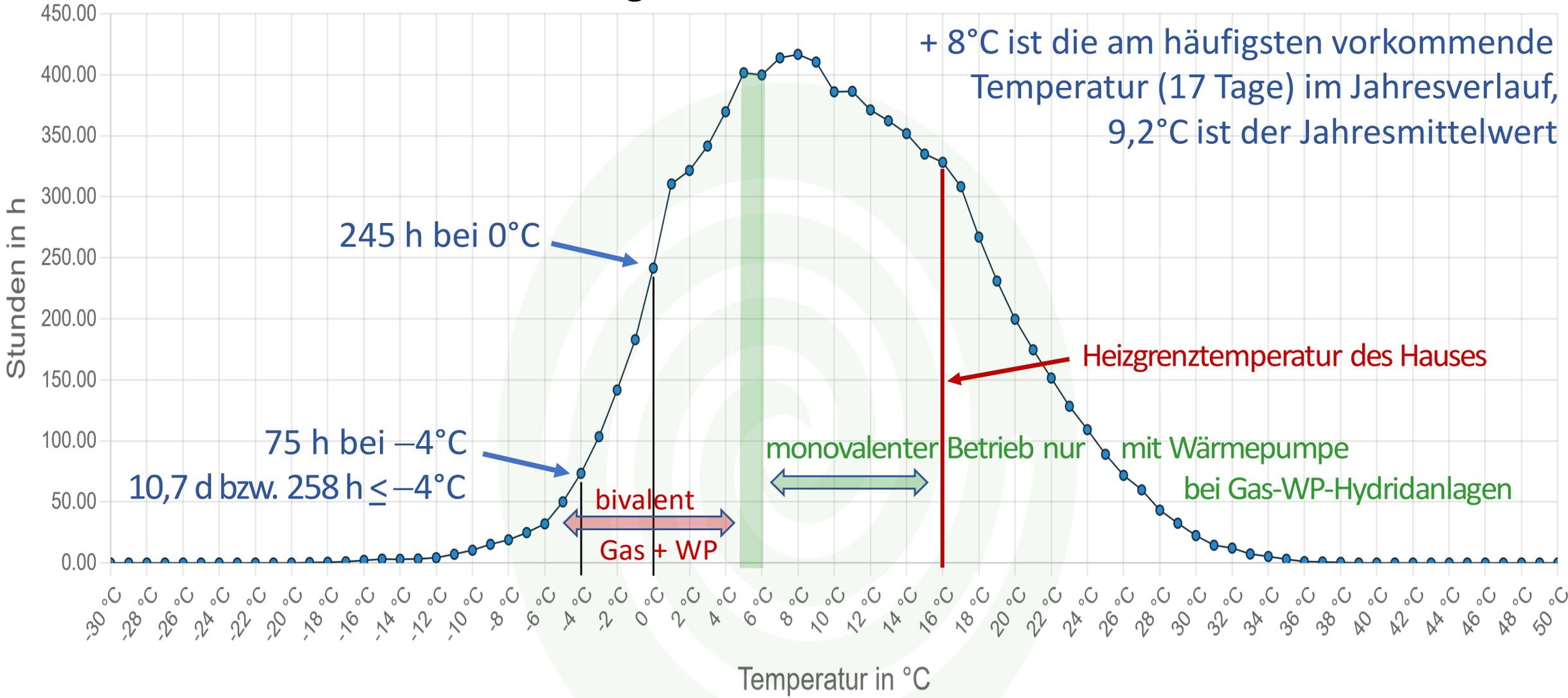
- Kosteneffizienter als Hochtemperatur-Wärmepumpe mit einer VLT > 60°C
- staatliche Förderung
- geringer empfundene Abhängigkeit von einem Energieträger, etwa „EE-Winterstrom“

## Nachteile:

- komplexere Hybrid-Technik
- doppelte Anfälligkeit für Störungen
- doppelter Platzbedarf
- doppelte Wartungskosten Gastherme + WP
- doppelte Zählergebühren Gas + WP-Strom
- Schornsteinfegerkosten, Gasnetzgebühren und CO<sub>2</sub> Preise werden rasch steigen.

**Teurere Alternativen:** Solarthermie, Verbrennung von Pellets, Biogas, Synth. Methan/SNG, Wasserstoff

# Dichtefunktion der Außentemperaturen – Wetterstation Cölbe bei Marburg ca. 160.000 gemittelte Werte 2007 – 2025



**Monoblock-Fundament**  
**frostsicherer VL-RL-Graben**  
**und Abtauwasser-Drainage**  
**Standortwahl wichtig:**  
Luftwechsel, < 10 m Graben,  
kein thermischer Kurzschluss



Gasthermendemontage, Bodenplattendurchbruch, Verteilerschrank-  
Erweiterung, Speicherhydraulik, Lade- und Heizkreispumpe, Steuerung





# Lambda-Hocheffizienzwärmepumpen - 8 kW, 10 kW und 13 kW - gleiche Außenmaße

max. elektr. Leistungsaufnahme der EU08L: 3,7 kW – unterhalb der gesetzl. Pflicht zur Leistungsreduzierung



# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

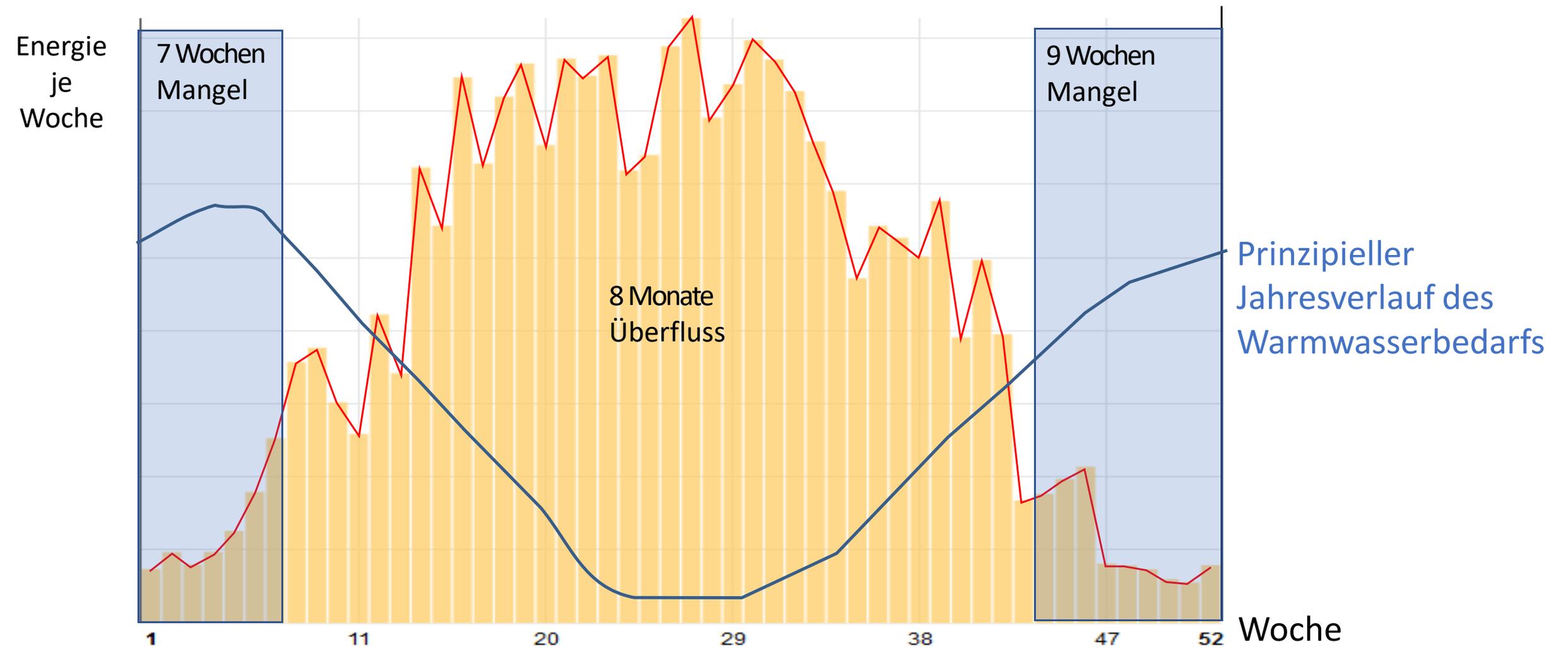
Diskussionsteil III

**EIN NO GO** – wegen physikalischer Rahmenbedingungen?

*Faktencheck*

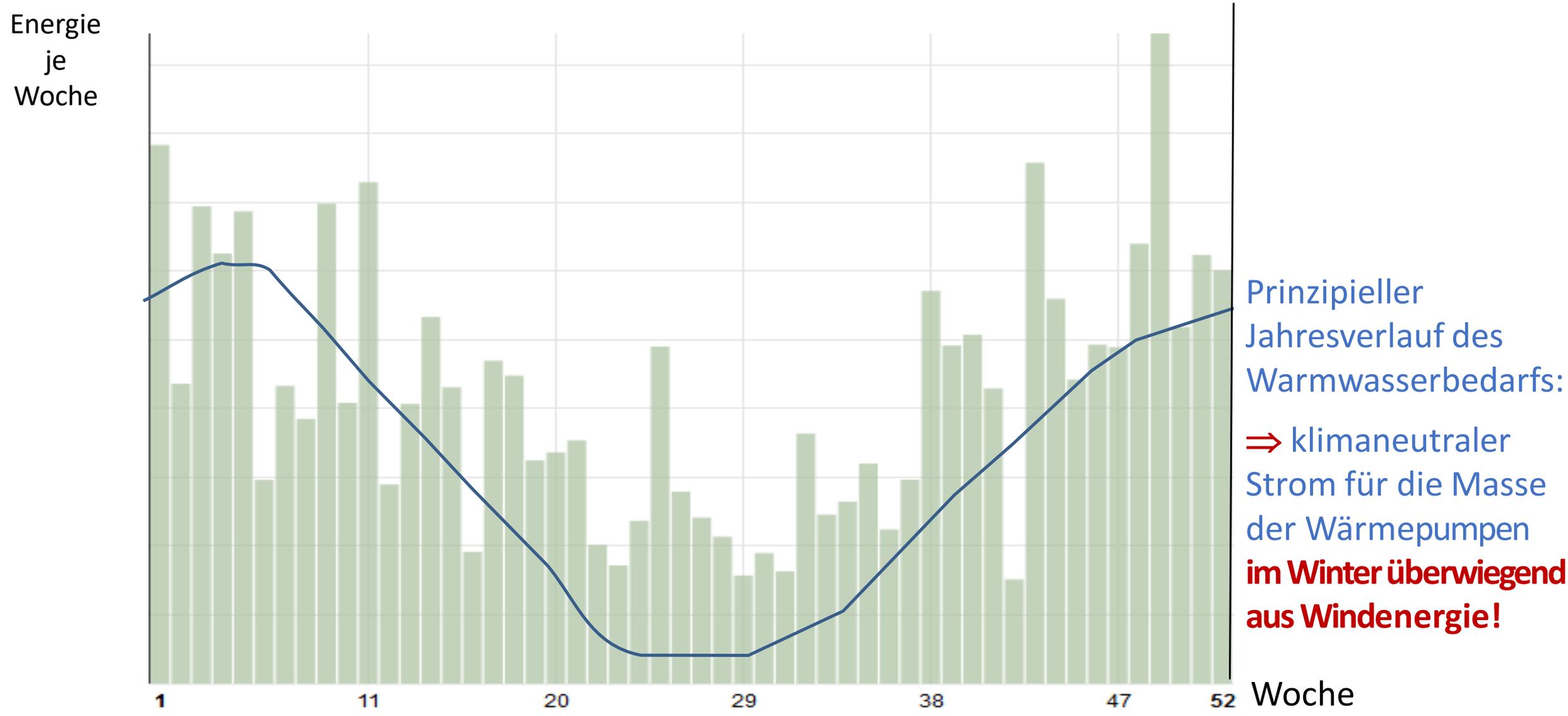
# Wöchentliche PV-Energieverteilung in 2018:

⇒ Mismatch von Produktion & Bedarf an PV-Strom für Warmwasser-Produktion mit Wärmepumpen!



# Verteilung der wöchentlichen Stromerzeugung aus Windenergie in Deutschland 2018

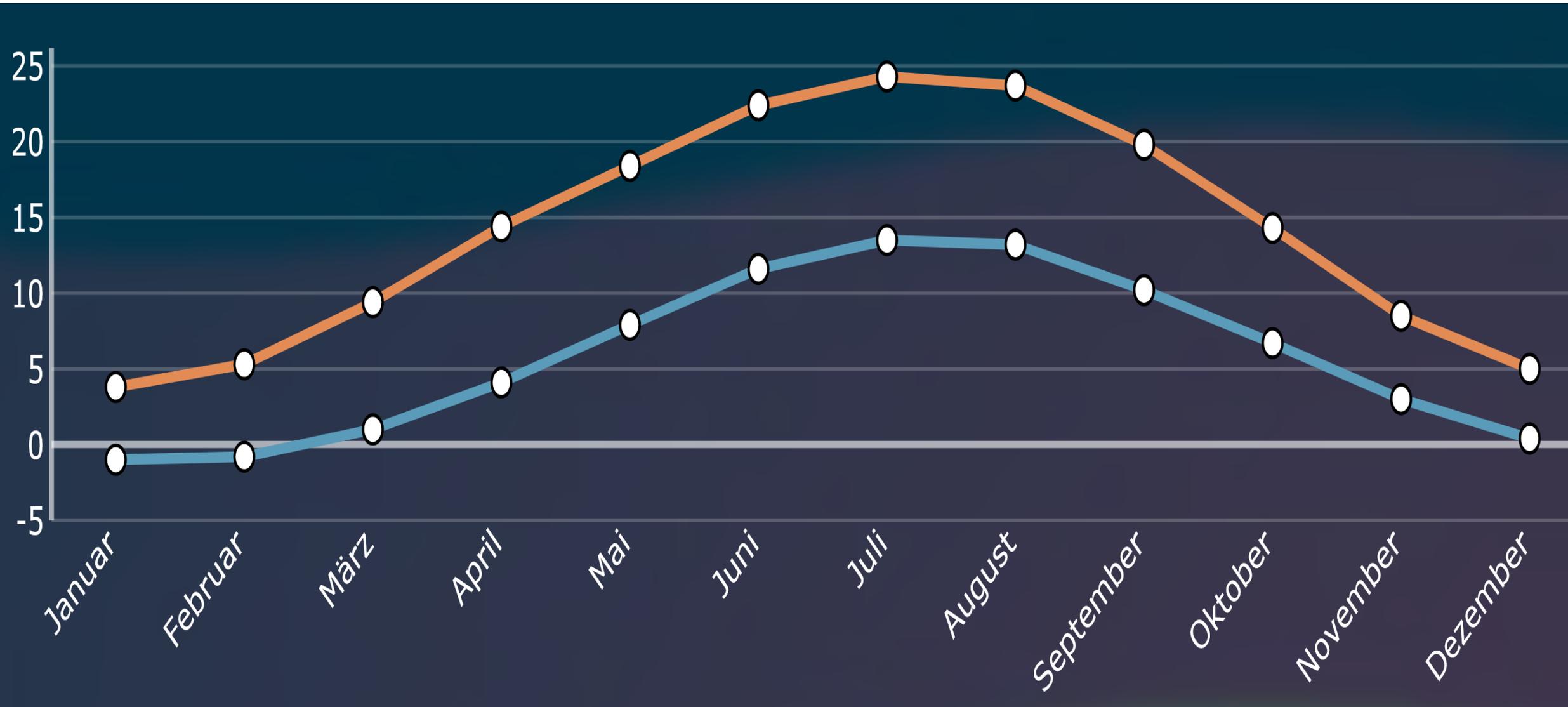
⇒ Produktion & Bedarf an Windstrom für Warmwasser-Generierung mit Wärmepumpen



Prinzipieller Jahresverlauf des Warmwasserbedarfs:  
⇒ klimaneutraler Strom für die Masse der Wärmepumpen **im Winter überwiegend aus Windenergie!**

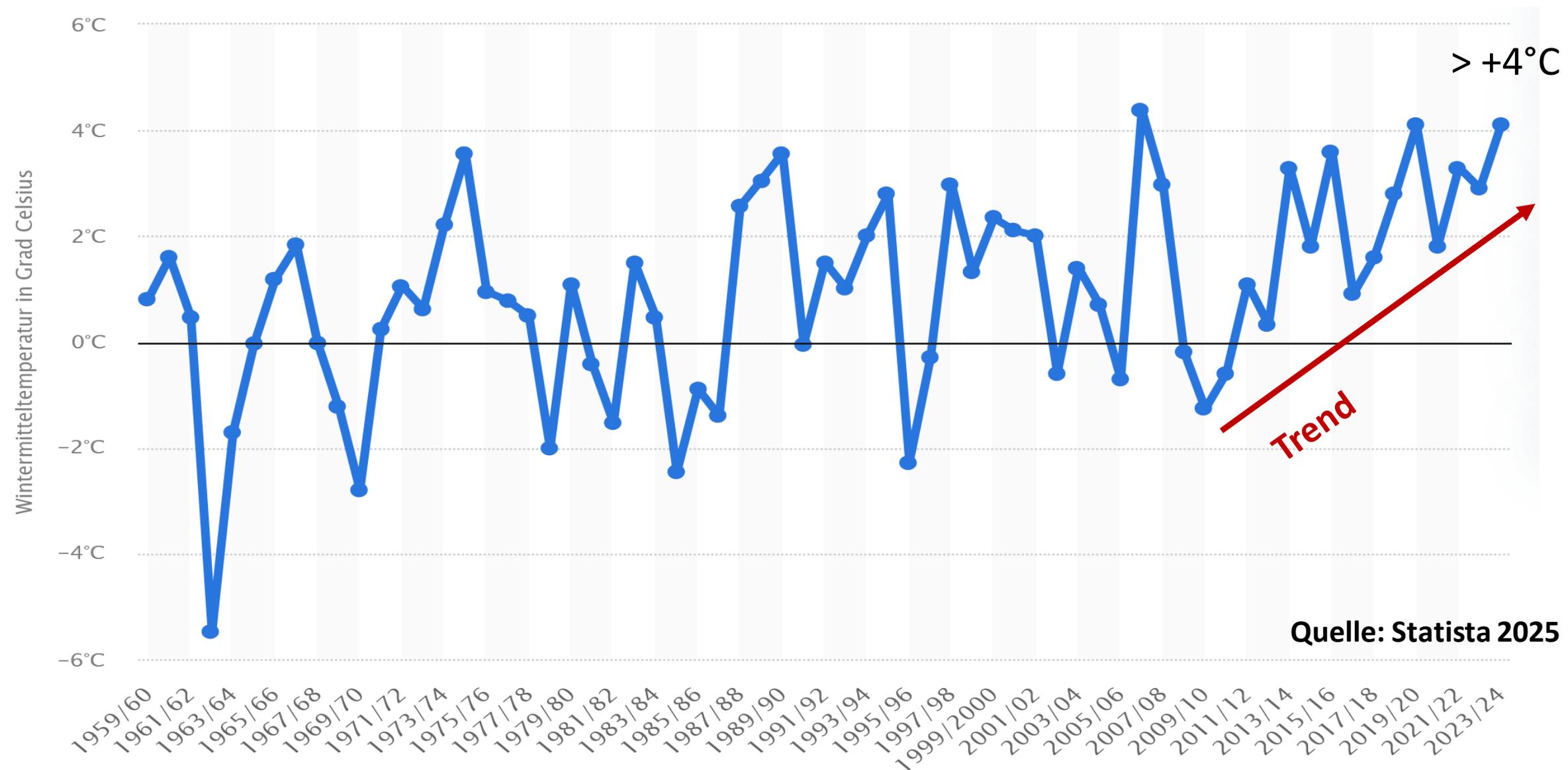
# Energiequelle Umweltwärme: <https://www.laenderdaten.info/Europa/Deutschland/Klima.php>

**Tages-** und **Nacht-**Temperaturen in Deutschland gemittelt über 20 Jahre (190 Messstellen 2003 - 2023)



# Winter-Durchschnittstemperatur in Deutschland 1960 – 2024

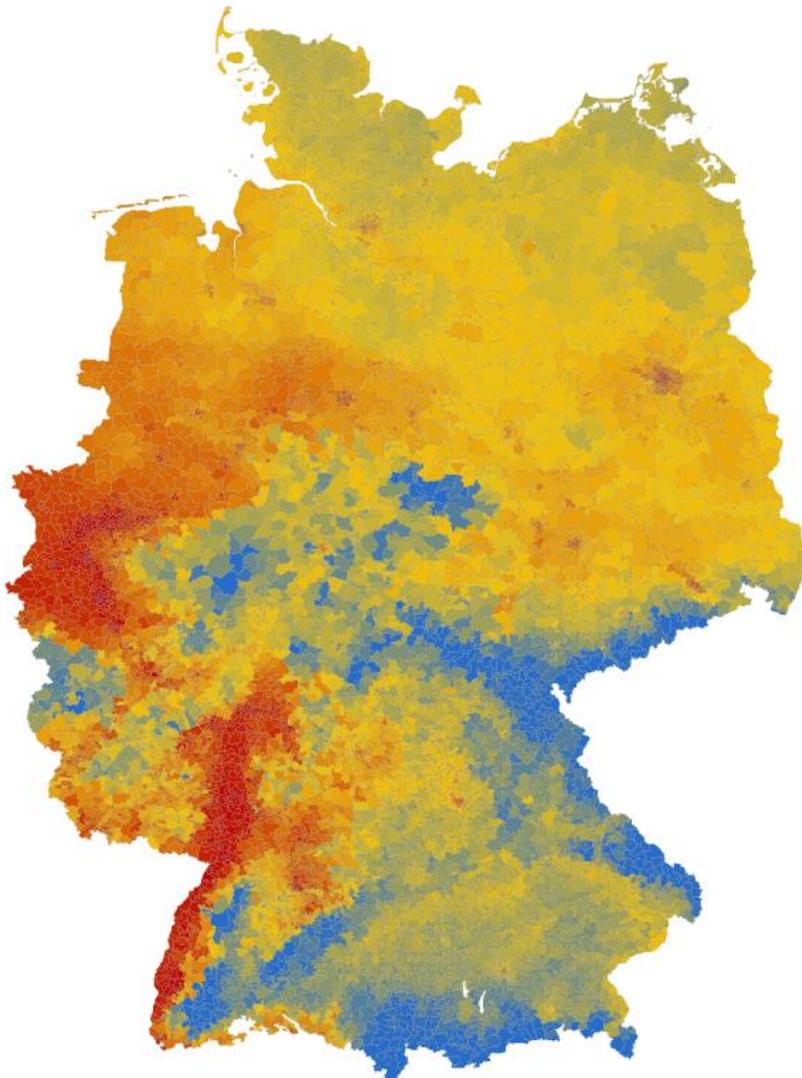
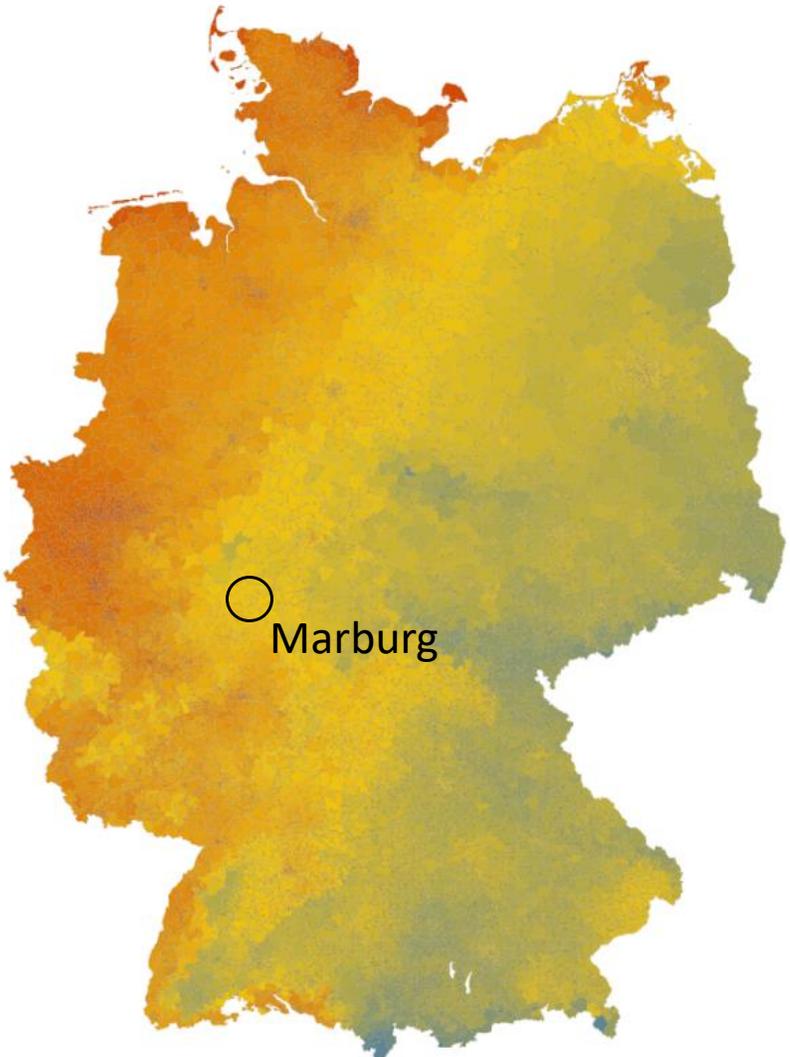
## Wärmepumpen durch Klimawandel zunehmend im Effizienz-Vorteil



# Korrekte Auslegung der Leistung der Wärmepumpe

**Norm-Auslegungstemperatur** = der niedrigste Zweitagesmittelwert, der zehnmal in 20 Jahren erreicht oder unterschritten wurde

**Jahresmitteltemperatur**



	MR	GI
Jahresmittel	9,2	9,6
<b>Norm-AT /°C</b>	<b>-11,5</b>	<b>-11,0</b>
Höhe / m	243	200

Interaktive Zoom-In-Karte

Quelle: <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/klimakarte/>

## Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

**EIN NO GO** – was aber machen, wenn der Grüne Strom nicht zur rechten Zeit am rechten Ort zur Verfügung steht?

**Narrativ:** „Chemiker haben für (fast) **alles eine Lösung**“

- 1) Die **reversible Speicherung elektrischer Energie** in Form von **chemischer Energie**. Die meisten Energiespeicher sind hochkomplexe chemische Fabriken der Stoffumwandlung oder Phasenumwandlung! **Problem:** die **Kosten + Effizienz**  
HENEF-Vortrag vom 22.03.2023 „**Neue Speicher für die Energie-Wende**“
- 2) **Steigerung der Energieeffizienz** – in Zusammenarbeit mit Physikern und Ingenieuren

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

## Diskussionsteil III

**EIN NO GO** – wegen physikalischer Rahmenbedingungen?

An Naturgesetzen lässt sich nichts ändern!

Einzigster Hebel ist eine massive **Steigerung der Effizienz....**

- 1) der **PV-Stromerzeugung** (Kosten der PV-Chemie, Tandem-Silizium-Perowskit-Solarzellen etc.)
- 2) der **Stromspeicherung** in Natrium- /Lithiumeisenphosphat (LFP) Akkus (→ nachhaltige Chemie)
- 3) der **Wärmepumpe**, die Energie aus der gas-flüssig-Phasenumwandlung von Propan (u.a. Gasen) aus der Umwelt erntet.
- 4) der **Wärmespeicherung** in Hausspeichern bei möglichst geringer Vermischung von Warm- und Kaltwasser – dem unbeugbaren Naturphänomen der Entropiezunahme Grenzen setzen!
- 5) der **Wärmeabgabe** durch Niedertemperatur-Heizkörper oder Fußboden-/Flächenheizungen
- 6) der **Eigenstromverwertung** durch private Sektorkopplung von E-Wärme und E-Mobilität

# Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand

**EIN NO GO** – wegen physikalischer Rahmenbedingungen....

**Narrativ gewachsen auf statistischer Faktenbasis:** Wärmepumpe fordert in den 4 Wintermonaten Nov. bis Feb. ca. **90%** ihres Jahresstrombedarfs, 4 Monate, in denen die Dach-PV-Anlage nur ca. **9%** ihrer Jahresstromerzeugung abliefert!

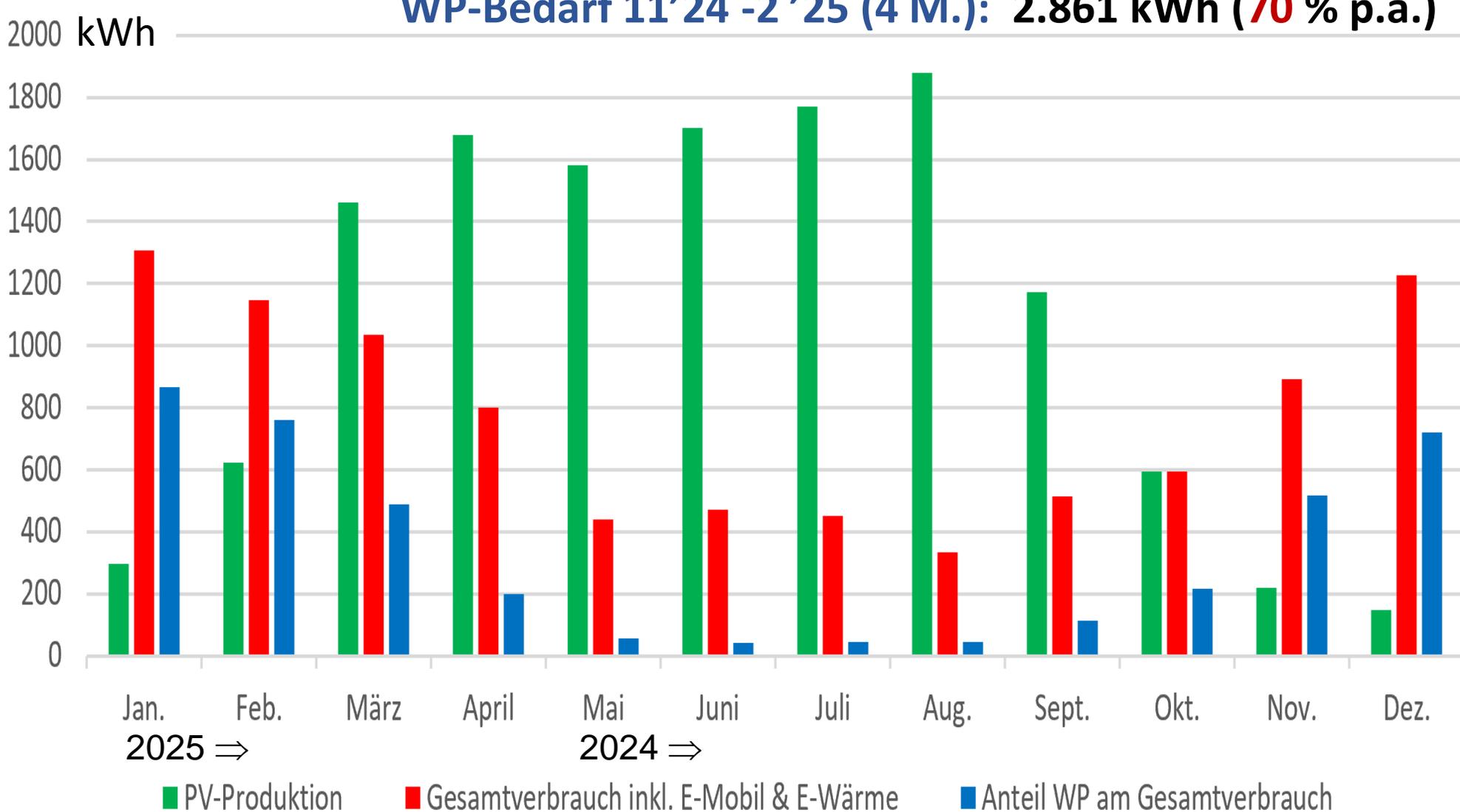
- ein sagenumwobenes Mythos oder ein unbeugsames Naturgesetz?
- **was lässt sich durch Effizienzsteigerungen in der PV-Stromerzeugung und -speicherung, der Wärmegewinnung und -speicherung sowie Wärmeausbringung maximal herausholen?**
- **Ergebnis vorweggenommen:** was sagen die experimentellen Fakten zum Mismatch von PV-Produktion zum Hausverbrauch in unserem eigenen Experiment? – Analyse folgt!

# Fakten statt Mythen: Negative Energiebilanz an nur 4/12 Monaten Nov.-Feb.

Mismatch der **PV-Produktion** vs **Gesamtverbrauch inkl. E-Mobil & E-Wärme** und **Anteil der Wärmepumpe am Gesamtverbrauch**

**PV-Produktion 11'24 - 2'25: 1.285 kWh (10 % p.a.)**  
**WP-Bedarf 11'24 - 2 '25 (4 M.): 2.861 kWh (70 % p.a.)**

Jan.	295	1308	865
Feb.	623	1147	759
März	1461	1035	489
April	1678	801	199
Mai	1580	439	56
Juni	1701	470	41
Juli	1771	451	43
Aug.	1880	334	44
Sept.	1171	513	113
Okt.	594	594	216
Nov.	219	891	516
Dez.	148	1226	721



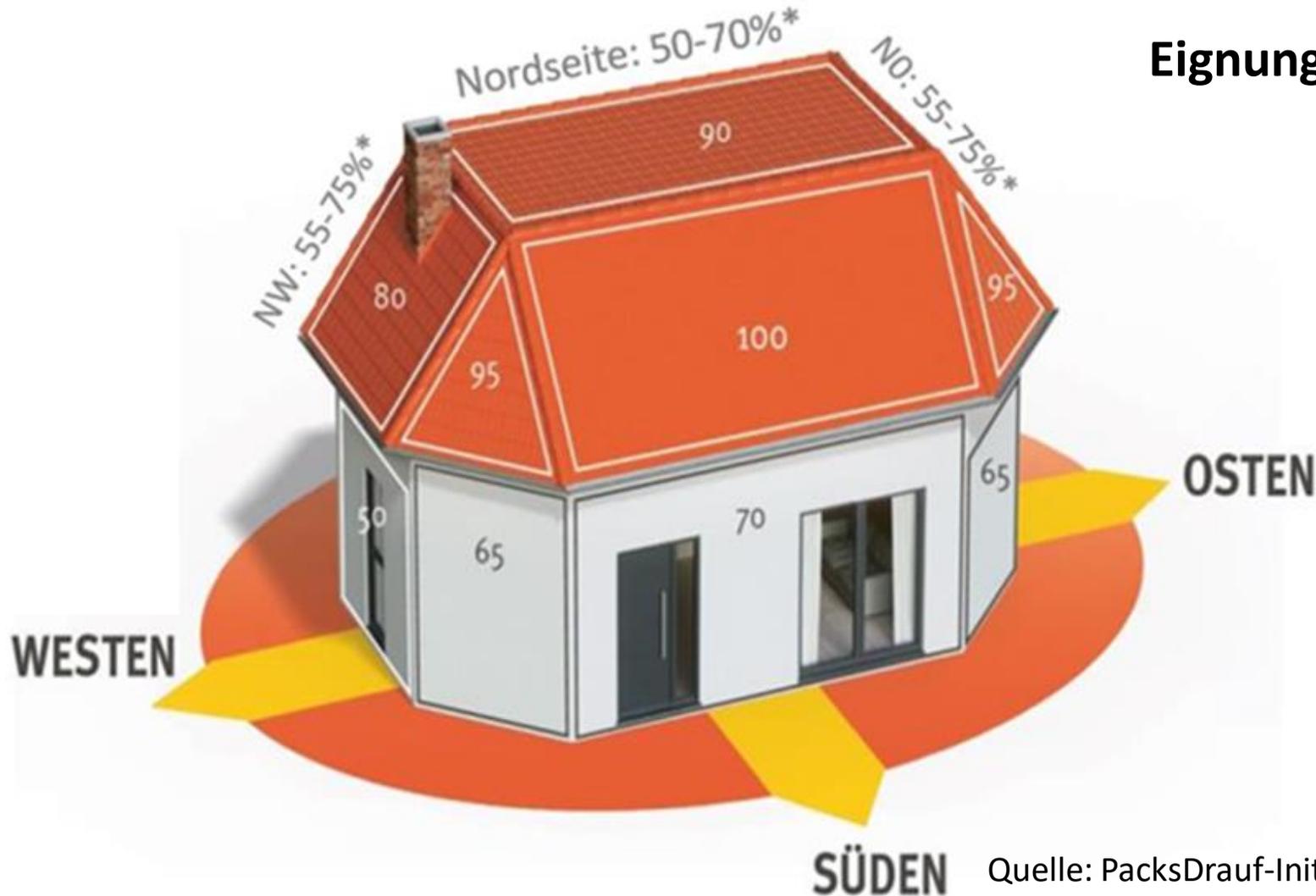
## Diskussionsteil III – Steigerung der Energie-Effizienz

**Steigerung der Effizienz  
der PV-Stromerzeugung und Stromspeicherung....**

# Effizienz der PV-Wechselrichter-Akku-Einheit - Teil 1

Sonnenstunden sind wertvoll in Deutschland, sie sollten optimal genutzt werden.

Angestrebtes Ziel: Optimale Fläche und Ausrichtung des PV-Generators.



## Eignung von Hausflächen für Photovoltaik

- Ost-West gut für frühen und späten Ertrag am Tag (ohne Akku)
- Südfassaden haben hohen Ertrag, auch noch im PV-mauen Winter.
- Verfügbare Flächen komplett belegen senkt die relativen Kosten deutlich: Doppelt so große Anlage im EFH kostet nur 60% mehr.
- LFP-Akkus heute recht günstig (ab 500 €/kWh) zwecks Erhöhung des Eigenverbrauchs.



**Wohnen im Holzhaus, in einem der nachhaltigsten CO<sub>2</sub>-Speicher mit Top-Wärmedämmung**



34 Module TrinaSolar  
Vertex S Black Glas-Folie  
monokristallin 400 ± 5 W

45° SSO, 13,6 kWp,  
20,8% conv. efficiency  
12,8 kWh BYD LFP Akku  
10 kW Kostal Plenticore plus 10

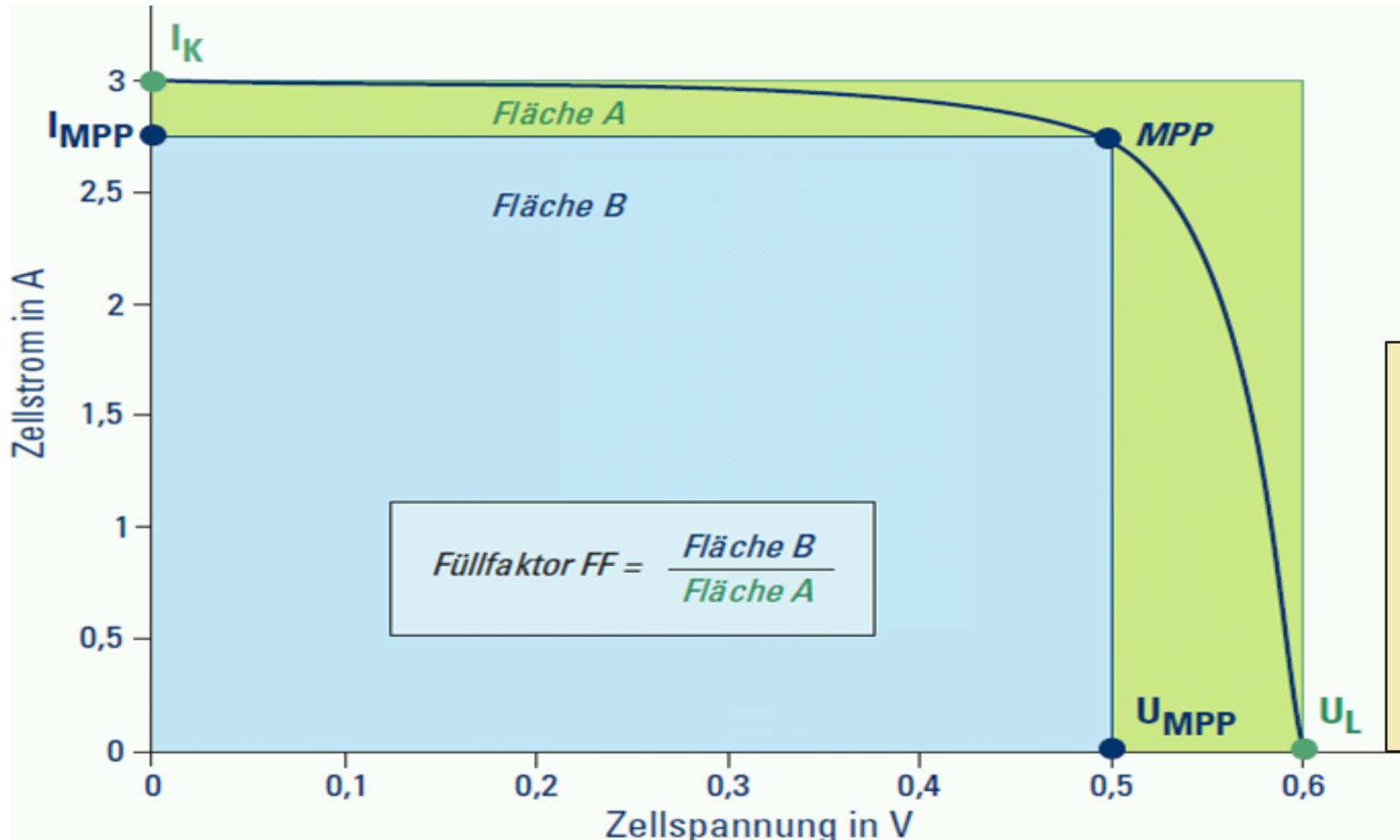


## Effizienz der PV-Wechselrichter-Akku-Einheit - Teil 2

Der Wechselrichter übernimmt die zentrale Aufgabe, den **Maximum-Power-Point MPP**, den **optimalen, effizientesten Betriebspunkt der PV-Anlage**, ständig zu justieren.

**Angestrebtes Ziel:** Immer das **Optimum an PV-Leistung =  $U \times I$**  (**blaue Fläche**) aus PV-Modulen

herausholen; **grüne Fläche** =  
nie erreichbares **Leistungsprodukt** aus  
**Kurzschlussstrom x Leerlaufspannung**



**Wie funktioniert Optimierung und  
verordnete Deoptimierung von PV?**

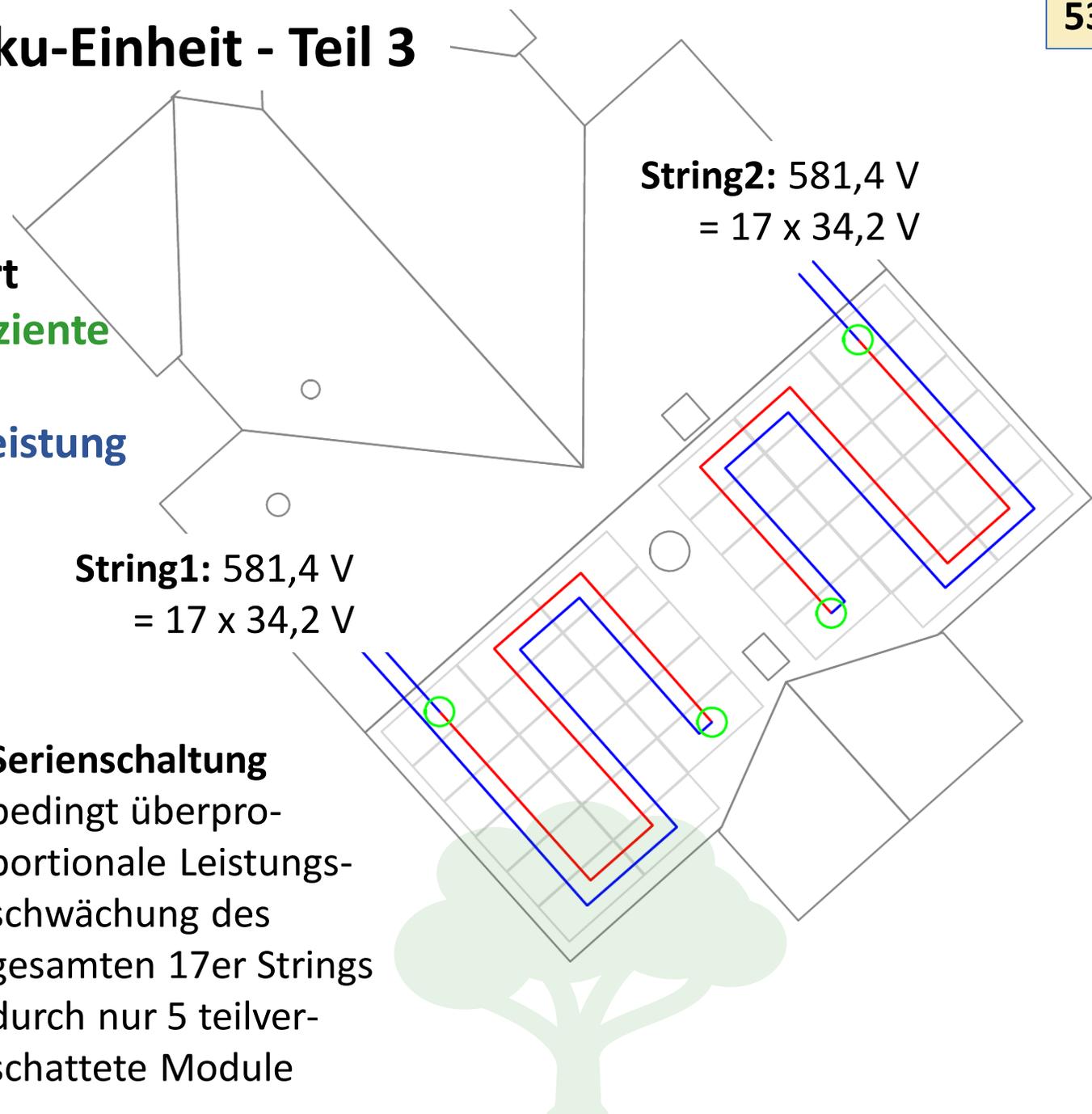
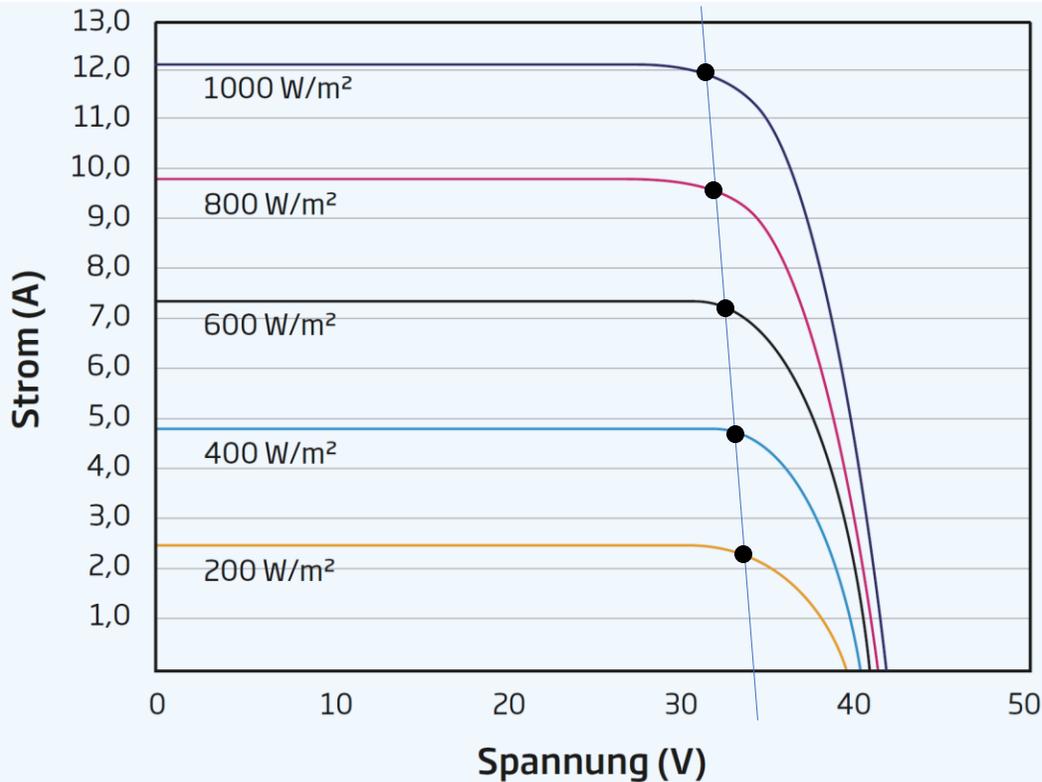
Der **Füllfaktor** - ein Maß für die  
effiziente Betriebsweise einer  
jeden PV-Anlage

# Effizienz der PV-Wechselrichter-Akku-Einheit - Teil 3

## Gutes Verschattungsmanagement

- durch **elektronische Modul-Optimierer** am Modul: teuer, wartungsanfällig
- durch zentrale **Softwarelösung: WR steuert** Bypass-Dioden einzelner Module an → **effiziente Überbrückung verschatteter Module**

### U-I-Kennlinien und MPP bei Strahlungsleistung



**Serienschaltung** bedingt überproportionale Leistungsschwächung des gesamten 17er Strings durch nur 5 teilverschattete Module

## Effizienz der PV-Wechselrichter-Akku-Einheit - Teil 4

**Angestrebtes Ziel: 88-96%** der gespeicherten PV-Energie (Gleichstrom) bekomme ich in Form von Wechselstrom zum zeitversetzten Eigenverbrauch zurück - Rest: Wärme und Überspannung!

**Gleichstrom(DC)-Anlage mit einem Hybrid-Wechselrichter = effizienter bei PV-Speicherung**

300-600 V PV-Gleichstrom wird zum Teil in Wechselstrom umgewandelt und direkt verbraucht, zum anderen Teil direkt in einem Hochvolt-Akku ohne DC-AC-DC-Transformation gespeichert. Folglich gibt es nur eine verlustbehaftete DC-AC-Transformation.

**Wechselstrom(AC)-Anlage mit zwei Wechselrichtern, einem Batterie-Wechselrichter und einem PV/Netz-Wechselrichter = i.d.R. weniger effizient bei PV-Stromspeicherung**

300-600 V PV-Gleichstrom wird komplett in 230 V Wechselstrom umgewandelt und verbraucht bzw. ins Netz eingespeist. Falls ein Teil davon in einem PV-Akku bevorratet werden soll, muss 230 V AC wieder in DC umgewandelt und als solcher chemisch gespeichert werden sowie bei Abruf dann wieder in AC transformiert werden. Speziell für die Speicherung ergeben sich somit zwei verlustbehaftete AC-DC-AC-Transformationsschritte mehr! → **Speicher-Effizienz 75-88% statt 85-98% !** (Quelle Prof. Quaschnig)

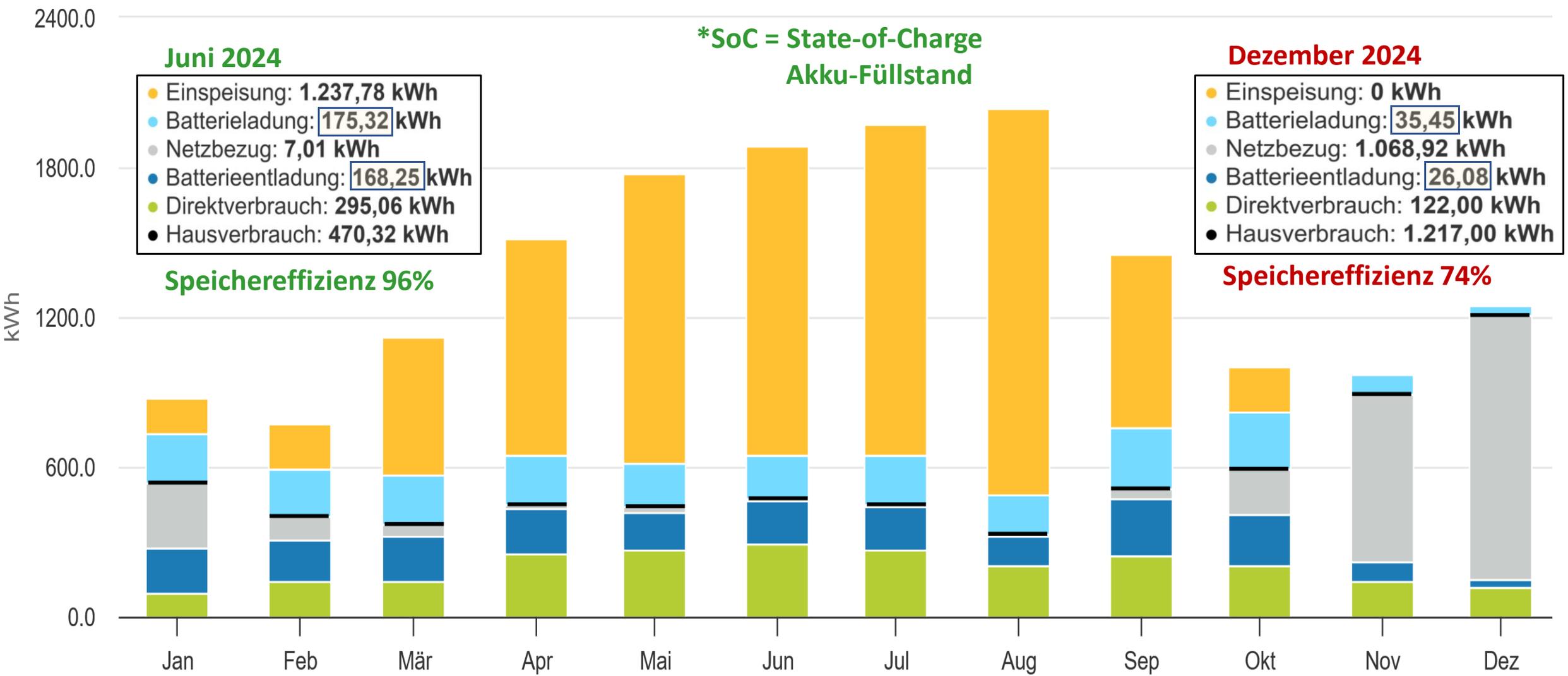
**Quellen:** <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/wechselrichter/>

**Unabhängige Tests:** <https://www.pv-magazine.de/2025/02/06/htw-berlin-stromspeicher-inspektion-2025-neue-wirkungsgradrekorde-von-mehr-als-98-prozent-durch-kostal-und-sax-power/>

# PV-Akku Speichereffizienz 2024 abhängig von der Jahreszeit:

Lithium-Eisen-Phosphat-Akkus (LFP) **lieben** das tägliche Laden-Entladen von 10-100%, sie **hassen** < 8 % SoC\*

- Batterieladung
- Batterieentladung
- Einspeisung
- Netzbezug
- Direktverbrauch
- Hausverbrauch



## Effizienz der PV-Wechselrichter-Akku-Einheit - Teil 5

Sonnenstunden sind wertvoll in Deutschland, sie sollten optimal genutzt werden.

**Angestrebtes Ziel: 2 Sonnenstunden am Tag** sollen reichen, um den PV-Akku bei wechselhaftem Wetter vollständig aufzuladen!

Dafür sollte zum Beispiel

- die **Wechselrichter-Ladeleistung 6,5 kW für einen 13 kWh Akku** betragen ( $6,5 \text{ kW} \times 2 \text{ h} = 13 \text{ kWh}$ )
- die **Wechselrichter-Akku Lade-/Entladeeffizienz > 90%** betragen ( $1,0 \text{ kWh input, } > 0,9 \text{ kWh output}$ )

### Vorsicht Falle:

Solaranlagenanbieter, die zugleich Stromanbieter und Netzbetreiber sind, bieten nicht selten große Solardächer an, dazu Wechselrichter mit einer PV-Akku-Ladeleistung von unter 3 kW. Diese Solaranlagenanbieter sind scharf auf Ihren günstigen zwangseingespeisten Solarstrom im eigenen Versorgernetz, den sie dann zum 5-fachen Preis an nicht PV-privilegierte Kunden weiter verkaufen.



## Effizienz der PV-Wechselrichter-Akku-Einheit - Teil 6

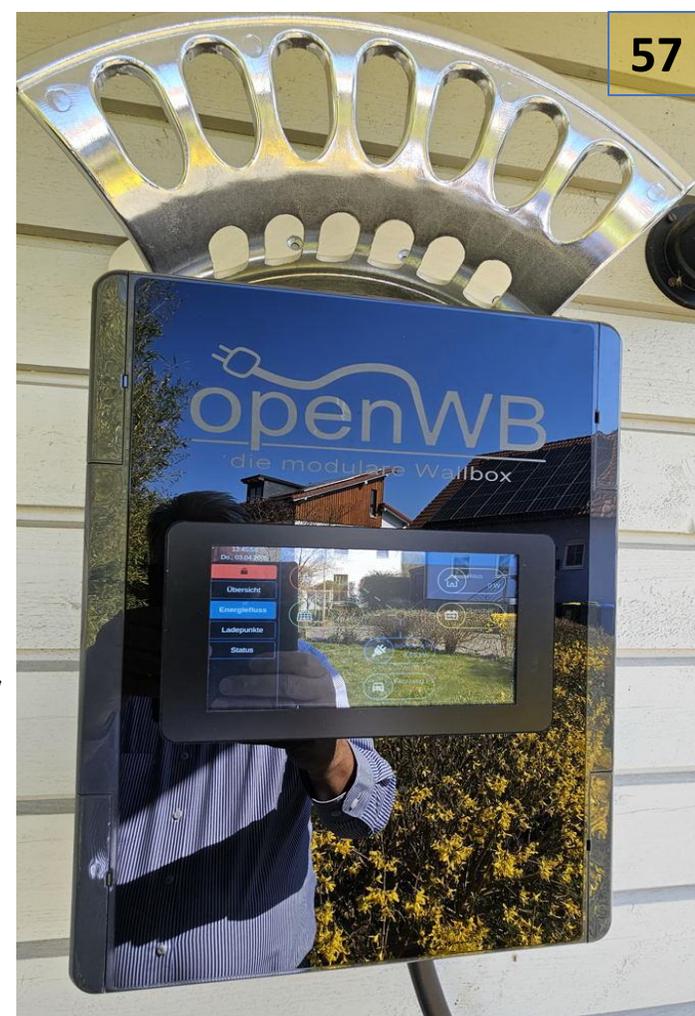
### Dynamisches PV-Überschussladen an dafür geeigneter Wallbox

In 2 von 6 Stunden am Tag kann der PV-Akku diejenigen E-Auto-Ladephasen überbrücken, in denen sich ein Wolkenfeld vor die Sonne schiebt.

**Warum dynamisch?** Die WB übernimmt intelligent und selbständig einen Phasenwechsel von 1-phasigem Laden mit 1,4-3,6 kW PV-Überschuss (morgens & abends) auf 3-phasiges AC-Laden des BEV mit 3,6-11,0 kW ab ca. 9 Uhr und zurück auf 1-phasiges Laden, z.B. bei einem vorüberziehenden Wolkenfeld.

### Beispiel

**Wechselrichter-Akku-Einheit mit hoher Entladeleistung von z.B. 6,5 kW** lädt das E-Auto mit nur 6,5 kW AC Leistung gespeist aus PV-Direktverbrauch plus dynamischer Aushilfe durch PV-Akku bei kurzzeitiger Verschattung. Dann habe ich nach 6 Stunden  $6,5 \text{ kW} \times 6 \text{ h} = 39 \text{ kWh}$  Energie geladen, ausreichend für **200-220 km klimaneutrales PV-elektrisches Fahren.**



# Effizienz der PV-Wechselrichter-Akku-Einheit - Teil 7

## Angestrebtes Ziel: Steigerung der wirtschaftlichen Effizienz

Durch **netzdienliche Verlagerung der Last**

aus Zeiten höchsten Stromverbrauchs und höchster Energiepreise (6-10 und 17-21 Uhr) in die Zeiten des billigen EE-Stromüberangebotes: **im Sommer von 10-14 Uhr billiger PV-Strom, im Winter von 22-6 Uhr billiger Windstrom**. Stromversorger sind nach §14b EnWG gesetzlich verpflichtet, dynamische Strompreise und intelligente Messsysteme iMSys anzubieten.

## Beladung effizienter Energiespeicher zu Niedertarifzeiten

...insbesondere relevant in den PV-armen Wintermonaten durch:

- 1) Automatisches Laden des E-Autos zwischen 22 Uhr und 6 Uhr durch billigen Windstrom
- 2) Bidirektionalen Versorgungsverbund zwischen Haus und BEV-Akku (V2H, Vehicle-to-Home)
- 3) Automatisches Laden des stationären Heimakkus im Winter zwischen 22 Uhr und 6 Uhr
- 4) Überladung der Wärmespeicher für WW + HZ durch WP und Billigstrom (Netz + PV)
- 5) Nutzung dynamisch-flexibler oder konstant-festgelegter Wärmestrom- & E-Mobil-Ladetarife

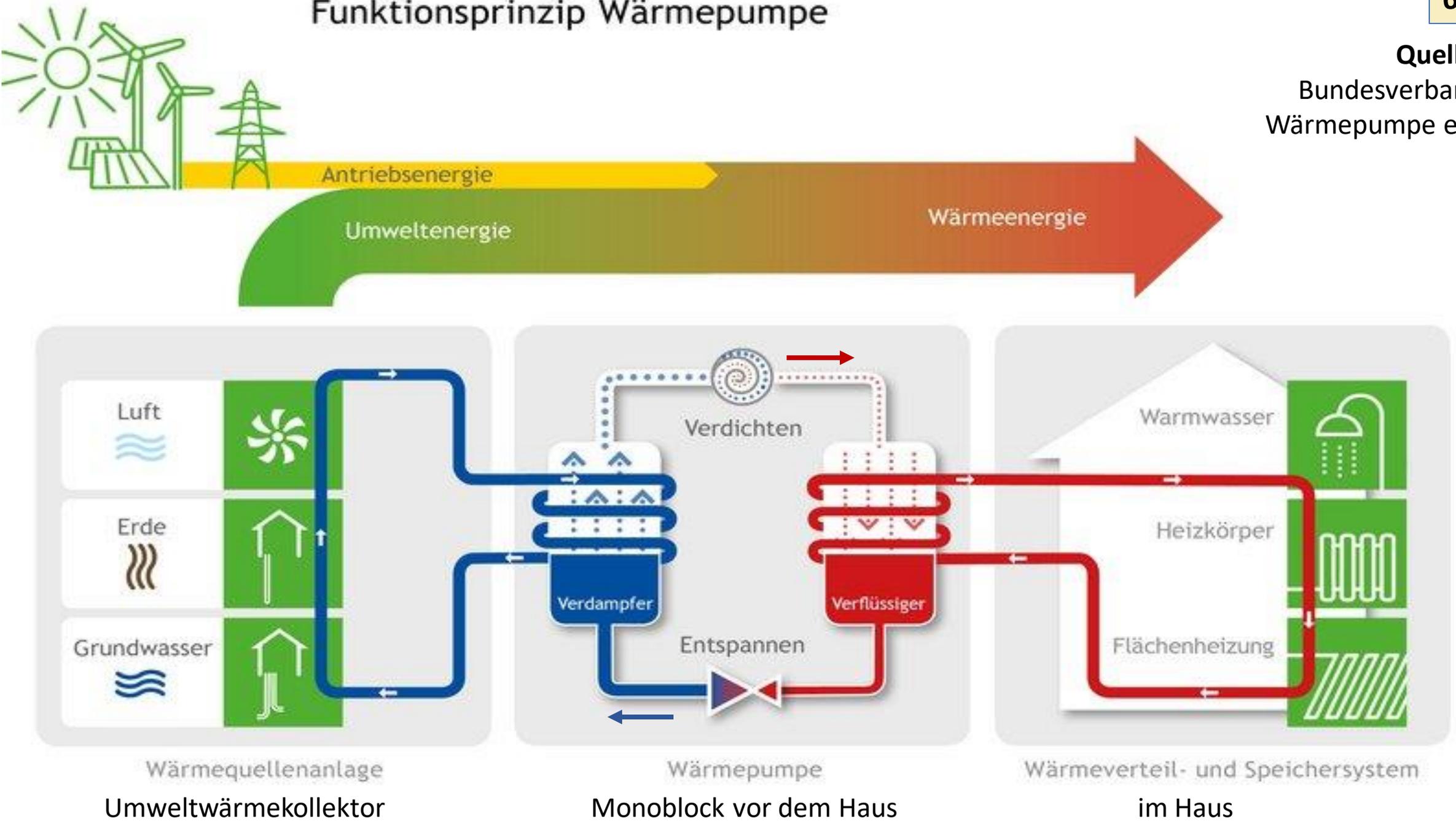


## Diskussionsteil III – Steigerung der Energie-Effizienz

**Steigerung der Effizienz der Wärmepumpe....**

# Funktionsprinzip Wärmepumpe

Quelle:  
Bundesverband  
Wärmepumpe e.V.



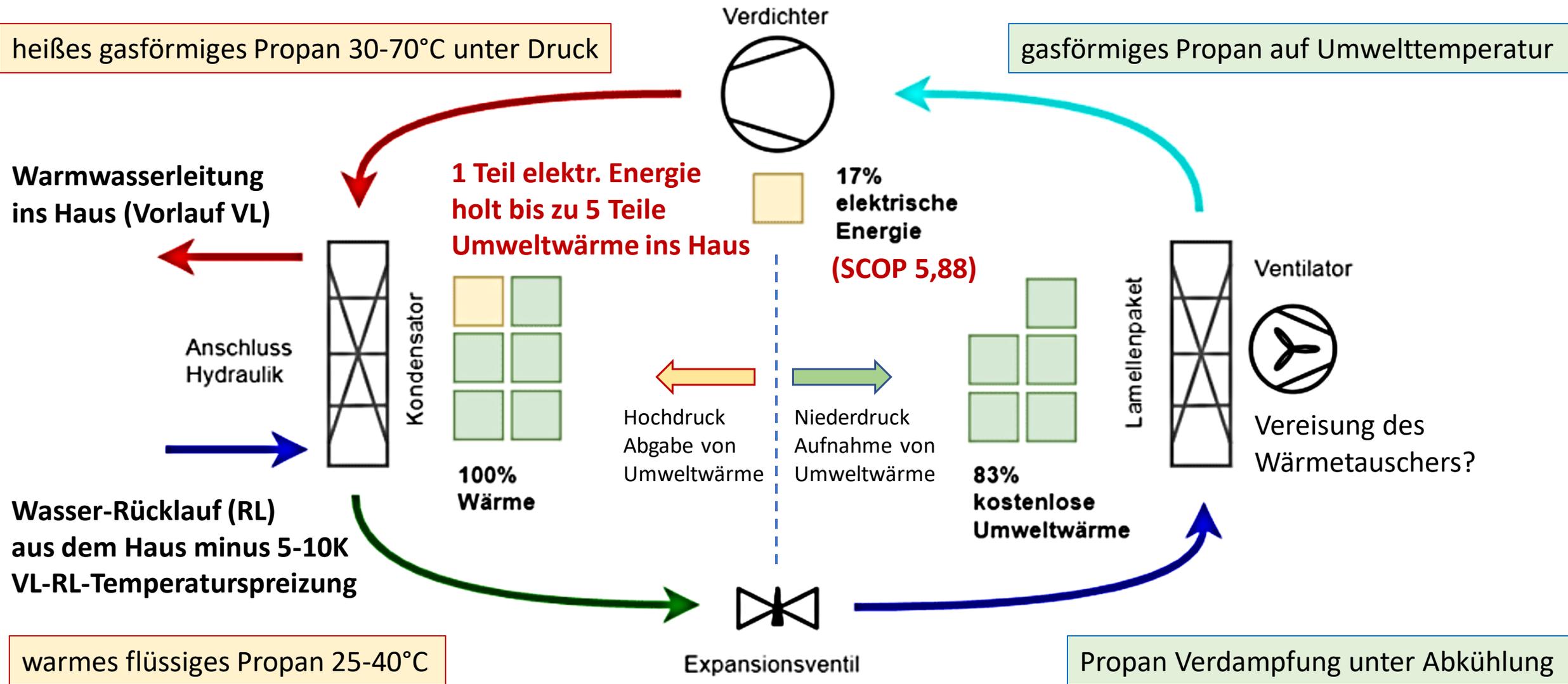
Wärmequellenanlage  
Umweltwärmekollektor

Wärmepumpe  
Monoblock vor dem Haus

Wärmeverteilsystem  
im Haus

# Wärmepumpenprinzip: Was befindet sich im Monoblock-Außenteil?

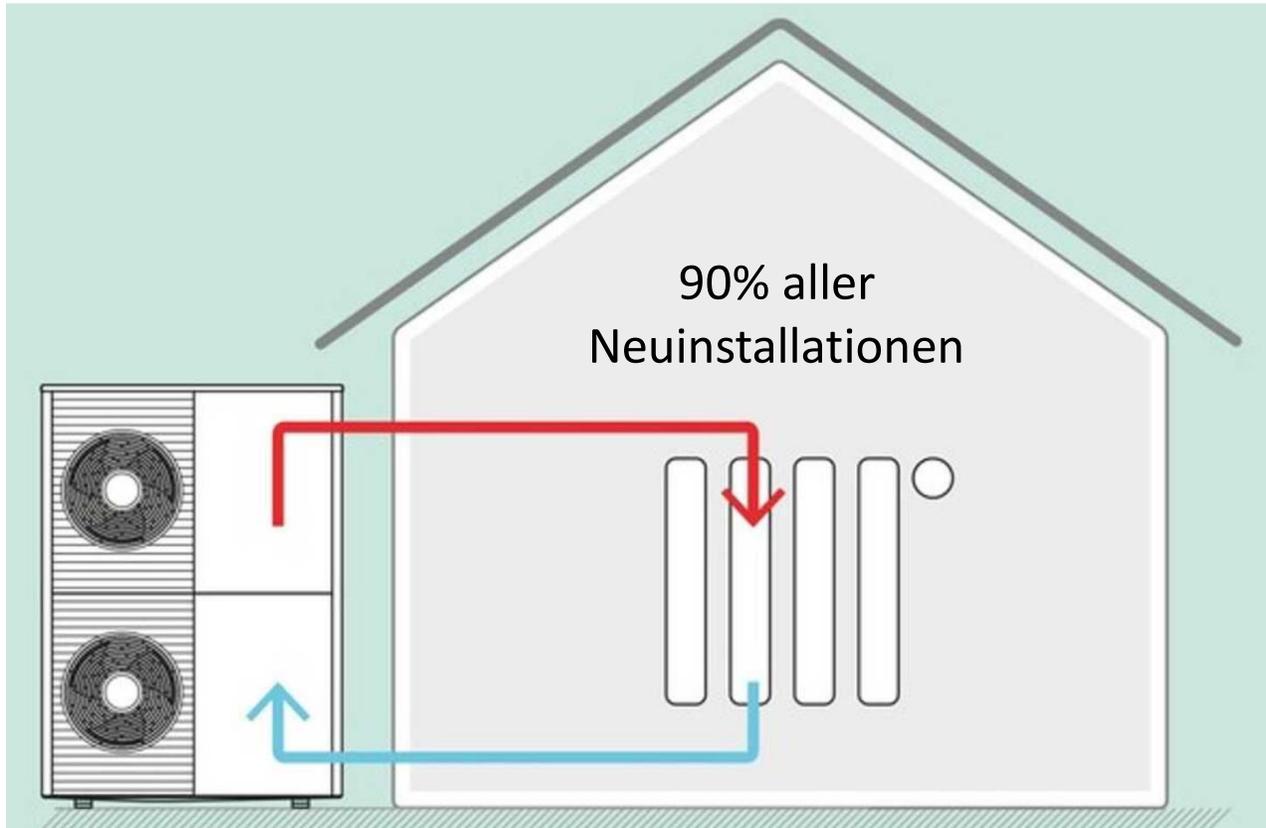
Umweltfreundliches Propan: Siedepunkt  $-42^{\circ}\text{C}$  (1 bar) Dampfdruck 8,4 bar ( $20^{\circ}\text{C}$ )



Art der Wärmepumpe	Installation und Voraussetzungen
Luft-Wasser-Wärmepumpe	Flexibel aufstellbar, Abstandsregeln beachten, Keine Genehmigungen notwendig, Standard
Luft-Luft-Wärmepumpe Multisplit Klimaanlage für Heizen und Kühlen oft in Kombi mit LW-Brauchwasserwärmepumpe	Luftdichte Gebäudeversiegelung notwendig für niedrigen Energieverbrauch, daher oft nicht für Altbauten geeignet, keine Genehmigungen notwendig, Energieeffizienz (COP) für Heizen nicht oberste Liga, dafür billig und auch kühlend
Grundwasserwärmepumpe (auch: Wasser-Wasser-Wärmepumpen)	Ausreichend Trinkwasser in guter Qualität nötig, Genehmigung der Wasserbehörde notwendig
Erdwärmepumpe (auch: Sole-Wasser-Wärmepumpe) mit >90m-Tiefensonden oder Gartenkollektor	Hoher Installationsaufwand (hohe Kosten), zum Teil hoher Platzbedarf für Gartenkollektor, teure Tiefenbohrungen und Leitungsverlegung, Behördengenehmigung notwendig

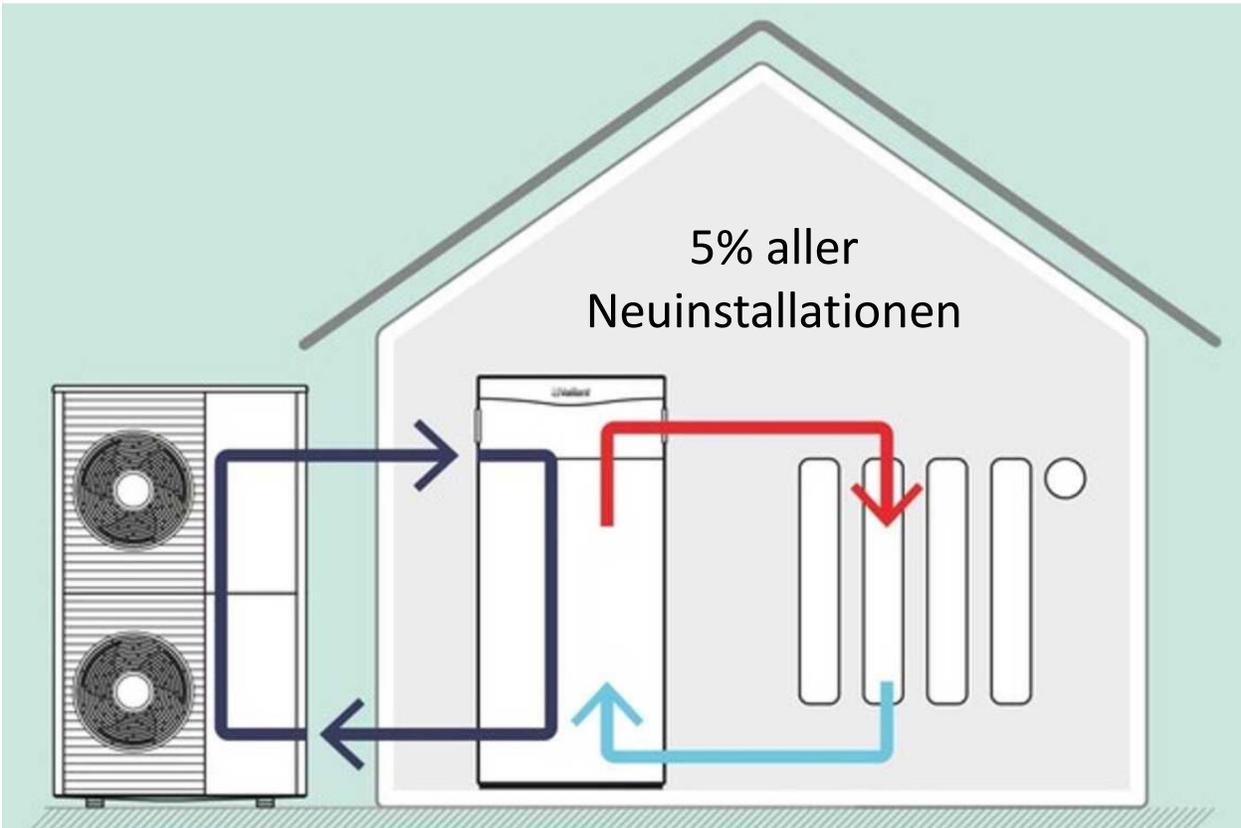
# Funktionsweise

## Luft-Wasser-Monoblock-Wärmepumpe



Gas-Verdichter und Gas-Verflüssiger/Kondensator stehen vor dem Haus, Platzsparend und sicher mit brennbarem, natürlichem Kältemittel R290, Warmwasser-Vorlauf geht ins Haus, Kaltwasser-Rücklauf kommt zurück, **Preisgünstiger:** Installateur benötigt keinen Kälteschein, keine regelmäßige Kontrolle des Kältekreislaufs, **frostsichere Wasser-VL-RL Verlegung!**

## Split-Wärmepumpe



Gas-Verdichter außerhalb, Gas-Verflüssiger innerhalb des Hauses Platzbedarf innen höher, sicher mit nicht brennbaren **fluorierten Kältemitteln mit hohem Treibhauspotential** im Vergleich zu CO<sub>2</sub>, daher ständige Kontrolle der Kältemittelmenge vorgeschrieben; Verlegung / Beschickung des Kältemittel-VL-RL ins Haus nur mit Kälteschein.

## Kältemittel: Fluorkohlenwasserstoffe FKW in Wärmepumpen – ein Problem!

Kältemittel	GWP*
R410a FKW Gemisch	2088
R134a Tetrafluorethan C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	1430
R32 Difluormethan CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	635
R290 Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3

FKW gehören praktischerweise zu den nicht brennbaren, ungiftigen Gasen mit sehr guter Eignung für Wärmepumpen.

**ABER:** Es handelt sich um **persistente Ewigkeitschemikalien**, die sich durch ein **hohes Treibhauspotential** auszeichnen (\*engl. Global Warming Potential **GWP**).



1 kg des in asiatischen Klimaanlageanlagen noch häufig verwendeten R410a hat, wenn es als Gas aus der Wärmepumpe entweicht, die gleiche Klimawirkung, wie 2,09 Tonnen CO<sub>2</sub>!

**Homo Sapiens!** Es ist **allerhöchste Achtsamkeit gefordert** beim Verschrotten von Autos, Kühlschränken, Wärmepumpen, Hochspannungstrafos und Klimaanlageanlagen.

Während es für CO<sub>2</sub> natürliche Senken und für Propan einen natürlichen Abbau durch Sonnenlicht und Sauerstoff gibt, stellt die Persistenz von nicht-abbaubaren FKW ein dauerhaftes Klimarisiko dar.

**Substitution von FKW bis 2030 durch „natürliches“ Propan, brennbar, aber gute Performance auch bei hohen VL-Temperaturen! FKW-Austausch wird zukünftig extrem teuer bei Reparaturen!**

**Die Luft-Wasser Wärmepumpen-Elite (Stand 2024) - Entscheidungskriterien: Effizienz SCOP-55 > 4**  
 bedarfsangepasste Wärmeleistung, natürliches Kältemittel Propan R290, leise, Optik am Standort

Hersteller	Typ	Nennleistung-kW	ETA-35	SCOP-35	ETA-55	SCOP-55
LAMBDA	EU13L	12	227	5,68	180	4,51
Zewotherm	ZewoLambda EU13L	12	227	5,68	180	4,51
<b>LAMBDA</b>	<b>EU08L</b>	<b>8</b>	<b>226</b>	<b>5,65</b>	<b>179</b>	<b>4,48</b>
Zewotherm	ZewoLambda EU08L	8	226	5,65	179	4,48
OVUM	OVUM AC312P	8,2	238	5,95	177	4,43
OVUM	OVUM AC417P	12,2	233	5,83	172	4,30
Heliotherm	SNT07L-M-R-CC	6,8	225	5,70	165	4,49
Solarfocus	vamp air PRO 10	8	218	5,53	163	4,14
IDM	AERO ALM 6-15	12	220	5,50	163	4,08
Hoval	Belaria pro comfort	12	220	5,50	161	4,03
EQTherm	EQ Air Compact	10,7	216	5,47	169	4,30
M-Tec	Alpha13	10,7	216	5,47	169	4,30
LG	THERMA V	10	215	5,45	154	4,00

Danach folgt das große Feld der gehobenen Mittelklasse (Testfeld der Stiftung Warentest); **Jahreszeitbedingte Raumheizungseffizienz  $\eta$  ETA = 100 x SCOP / 2,5** **Quelle:** <https://www.produktdatenbank-get.at>

# Wie vergleiche ich die Temperaturhub-abhängige Effizienz zweier Wärmepumpen?

Keine Äpfel mit Birnen vergleichen! **SCOP Werte** hängen vom Klima am Ort des Testlabors, speziell der **Normaußentemperatur** ab, **ETA-Werte** vom **Primärenergiefaktor 2,5 im Energiemix**. Deshalb besser gelistete **COP Laborwerte** vom Ingenieur-Teststand unter identischen Laborbedingungen vergleichen:

**COP (A-7/W35) 3,79:** Bei einem Temperaturhub von **Außentemperatur -7°C** auf das Wasser-Vorlauf-**Wärmeniveau von +35°C** wird die durch die Wärmepumpe verbrauchte elektrische Energie (z.B. 1 kWh) das **3,79-fache an Wärmeenergie** (3,79 kWh) als Warmwasser (35°C) ins Haus pumpen, quasi wie ein **Anschluss an ein privates, preiswertes Wärmenetz**.

Temperaturhub-abhängige Wirkungsgrade	Viessmann Vitocal-A-250 Außeneinheit AWO-M-E-AC 13 2C Testsieger Stiftung Warentest 10'23 (2,1)	Lambda EU08L von unabhängigen Hochschul- Testlabors vergleichend getestet
Nenn-Wärmeleistung [kW]	6,7 – 11,1 (bei -7°C)	4,1 – 8,4 (bei -7°C)
COP (A7/W35) EN 14511	5,21	5,77
COP (A2/W35) EN 14511	<b>3,98</b>	<b>5,19</b>
COP (A-7/W35) EN 14511	<b>2,97</b>	<b>3,79</b>
COP (A2/W55) EN 14511	<b>2,55</b>	<b>3,55</b>
COP (A-7/W55) EN 14511	2,30	2,55

**Quelle:**  
**BAFA-Liste und Kenndaten förderfähiger Wärmepumpen:**  
[https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg\\_waermpumpen\\_pruerf\\_effizienznachweis.html](https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/beg_waermpumpen_pruerf_effizienznachweis.html)

# Effizienz der Lambda EU13L bei 9 kW Heizleistung in Abhängigkeit von....

## Effizienzkennzahl COP:

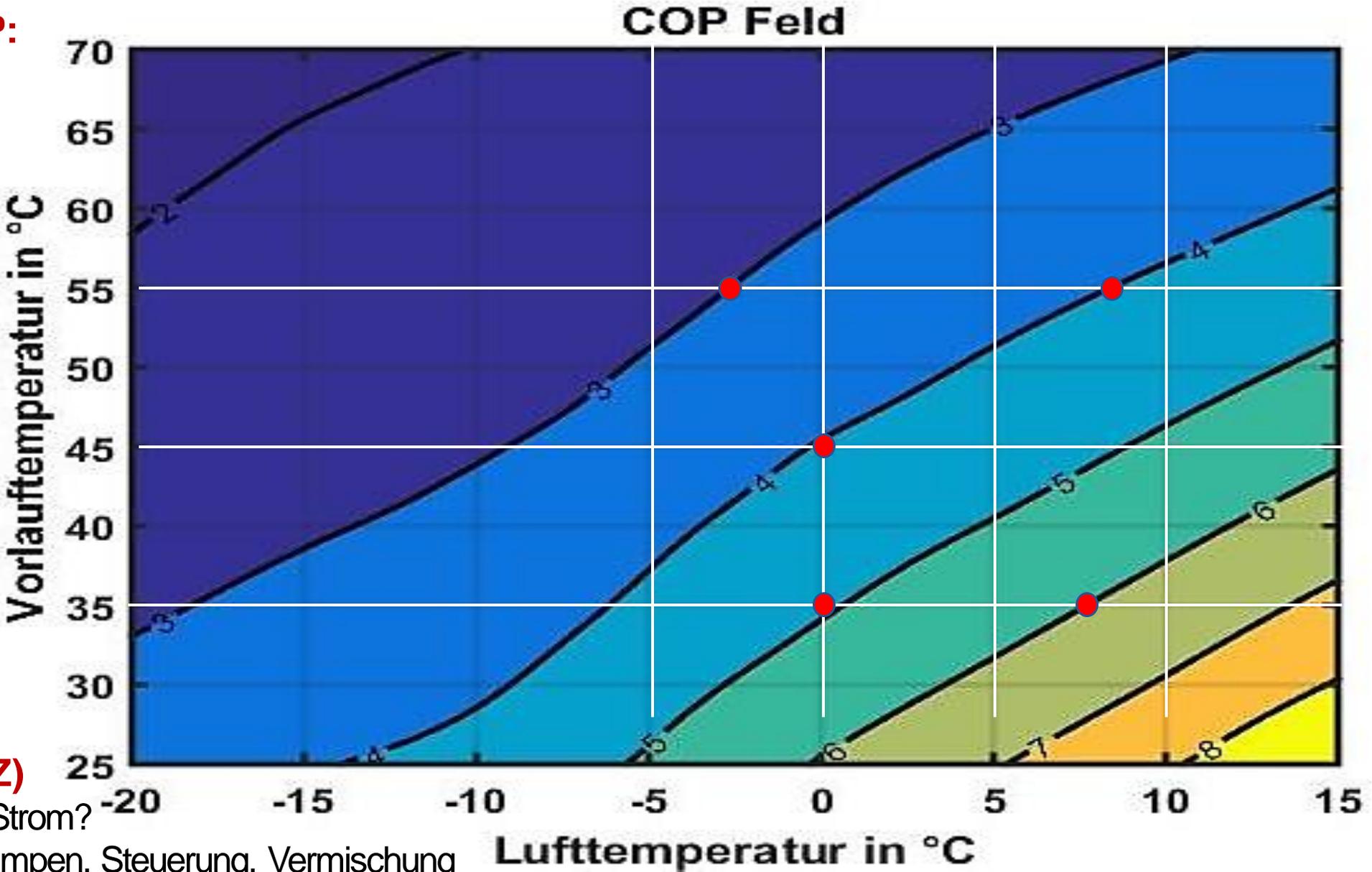
Der Coefficient Of Performace gibt an, welche Wärmemenge in kWh aus 1 kWh elektrischer Energie unter Laborbedingungen gewonnen werden kann.

## SCOP

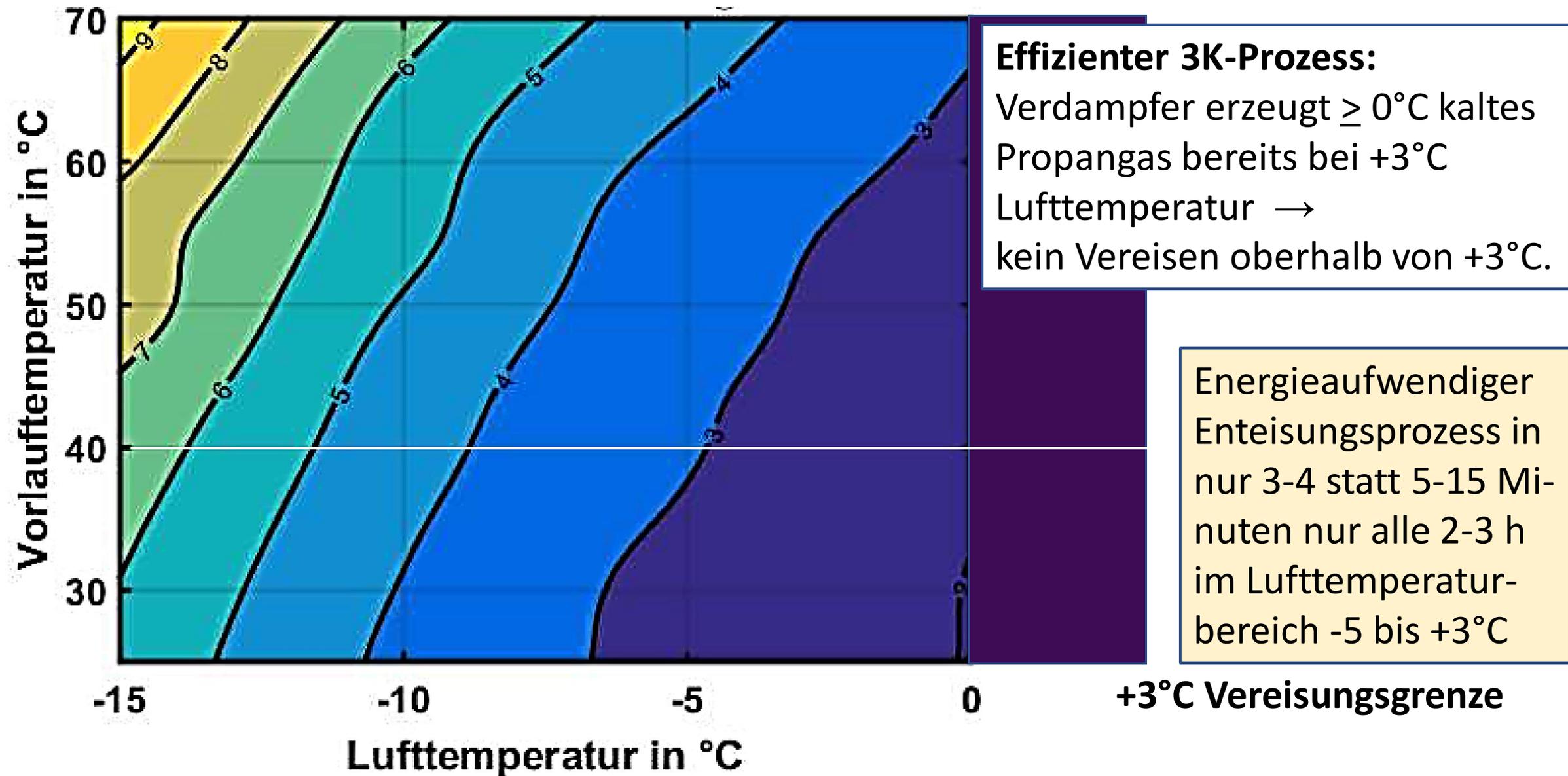
Seasonal COP berücksichtigt die durchschnittliche Temperaturverteilung einer Region =Σ COPs gewichtet über das ganze Kalenderjahr.

## Jahresarbeitszahl (JAZ)

Wieviel Wärme aus 1 kWh Strom? berücksichtigt Verluste d. Pumpen, Steuerung, Vermischung



# Abtauperiode der Lambda EU08L bei 95% Luftfeuchtigkeit in Abhängigkeit von....



**JAZ-Rechner für ALLE WP-Marken:** [www.waermepumpe.de/werkzeuge/jaz-rechner/](http://www.waermepumpe.de/werkzeuge/jaz-rechner/)

### Angaben zum Projekt

Name	Jörg Sundermeyer
Adresse	Auf der Höhe 22 , 35041 Marburg
Heizgrenztemperatur in °C	15
Vorlauftemperatur / Rücklauftemperatur in °C	45 / 38
Kombigerät	nein

### Angaben zur Heizungswärmepumpe

Hersteller	LAMBDA Wärmepumpen
Typenbezeichnung	EU08L
Leistungszahl COP (A-7/W35 / A2/W35 / A7/W35)	3,79 / 4,89 / 5,77
Abtauverfahren (A2/W35)	Kreislaufumkehr
Korrekturabschlag (A2/W35) (in COP enthalten)	0,3
Nennleistung in kW (A7/W35)	8,00

### Berechnungsgrundlagen Heizung

Temperaturdifferenz am Verflüssiger im Betrieb in K	7,0
Heizung Korrekturfaktor (Verflüssiger)	1,020
Primärtemperatur in °C	-7 / +2 / +7
Korrekturfaktor Heizung (untersch. Betriebsbedingungen bei -12 °C)	0,045 / 0,584 / 0,366

### Berechnungsgrundlagen Warmwasser

Art der Trinkwassererwärmung	Heizungswärmepumpe
Anteil Trinkwassererwärmung am Gesamtwärmebedarf in %	12
Trinkwassererwärmung Korrekturfaktor (Verflüssiger)	1,000
Speichertyp	WÜ innenliegend
Korrekturfaktor Warmwasser (untersch. Betriebsbed.)	1,000 / 0,716
Speichertemperatur in °C	50

### Wärmequelle und Betriebsweise

Wärmequelle	Außenluft
Normaußentemperatur in °C	-12
Betriebsweise	monovalent

### Berechnung ohne Zusatzheizung (für die Förderung relevant)

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Heizbetrieb	5,2
Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe für Trinkwassererwärmung	4,1
Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpenanlage	5,1 <b>JAZ</b>

Eingabe Daten

Wärmepumpentyp	EU08L	
Anzahl	1	
Auswertung mit:	Gasverbrauch	
Jahresverbrauch	15000	kWh
Strompreis	0,39	€/kWh
Normaußentemperatur	-12	°C
Heizsystem	Niedertemperaturheizkörper 45°C	
Gebäudetyp	Bestand BJ > 2000	
Beheizte Fläche	210	m <sup>2</sup>
Personen im Haushalt	2	Personen
Wasserverbrauch	mittel	

# EXCEL Planungstool von Lambda

BLAU Eingabeparameter

GRÜN Erwartungsparameter

Quelle: [www.lambda-wp.at](http://www.lambda-wp.at)

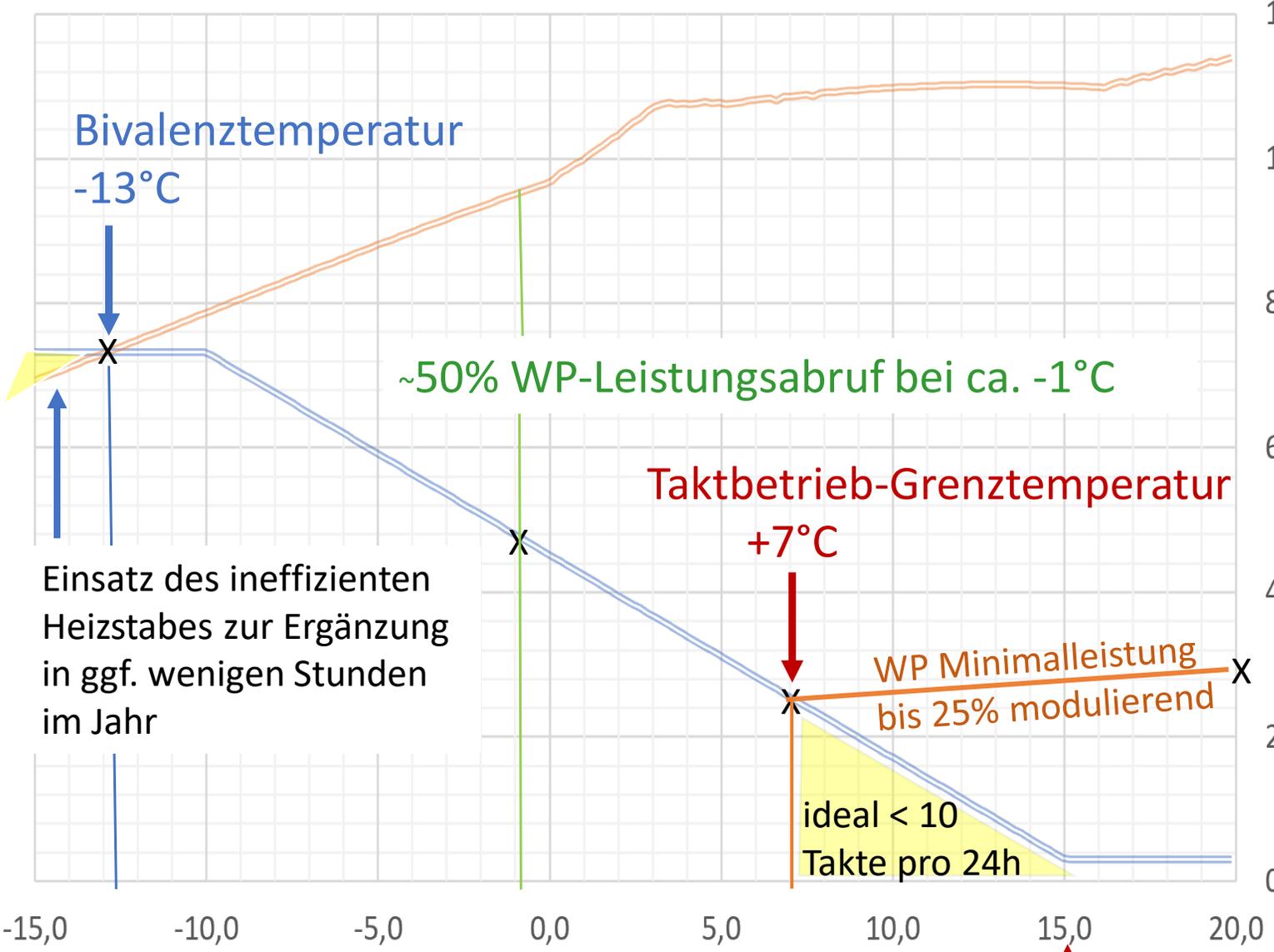
Ausgabe Daten / Leistung

spez. Gebäude Heizlast	32,9	W/m <sup>2</sup>
Warmwasserbedarf	140	l/Tag
spez. Warmwasser Heizlast	2,6	W/m <sup>2</sup>
Gebäude Heizlast	6,9	kW
Warmwasser Heizlast	0,5	kW
<b>Gesamt Heizlast</b>	<b>7,4</b>	<b>kW</b>
Bivalenzleistung	monovalent	kW
<b>Bivalenztemperatur</b>	<b>monovalent</b>	<b>°C</b>
<b>max. erf. Zusatzheizleistung</b>	<b>0,0</b>	<b>kW</b>

Ausgabe Daten / Energiebedarf

SCOP Heizen	4,98	
Gesamtwärmebedarf	13500	kWh
davon für Warmwasser	1783	kWh
Stromverbrauch Heizstab	0	kWh
Stromverbrauch Heizen	918	€/a
Stromverbrauch Warmwasser	155	€/a
Stromverbrauch Heizstab	0	€/a
Gesamtjahresstromverbrauch	1072	€/a

— Heizlast — Wärmepumpen Maximalleistung kW Heizleistung Lambda EU08L



durchschnittl. Wintertemperatur +4°C Heizschwellentemperatur +15°C

Bilanz aus WP-Heizleistung & Haus-Heizlast

Rechnerische Erwartungswerte:

Taktbetrieb > +7°C  
Bivalenzbetrieb < -13°C

SCOP-45 (Heizen & WW) 5,0 (?)  
JAZ-45 (Heizen & WW) 4,6 (?)

Durchschnittlicher Wärmebedarf der Gas-Therme über 10 Jahre: 15.500 kWh → 15.500 x 0,95 (Wirkungsgrad Gas-Brennwert) = 14.725 kWh Wärmeziel für Wärmepumpe

14.750 / 4,6 = 3.200 kWh Stromziel für Wärmepumpe p.a. nach Optimierung.

Bei 0,271 €/kWh Wärmestromtarif sind das 870 €/Jahr ohne PV-Beteiligung



35.9

3.7

3.1 kW

31.4

Grp.: 0

Wärmepumpe

0.0

49.5

31.4

Grp.: 1

Link3

35.9

29.8

31.4

Grp.: 1

Link3

35.4

29.6

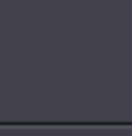
34.8

Grp.: 1

Heizkreis 1

**Lambda – Steuerung  
am 7“ Touchdisplay und Online**

**Überblick und Regelung der bis zu  
6 Energie-Erzeuger, -Speicher und -Verteiler**



VL: 35.9 °C

Wärmepumpe



I/O

I/O

I/O

I/O

I/O

I/O

I/O

RL: 30.9 °C

Heizen

dT: 5.0 K

Qp: 4.2 kW

24.9 %  
1790 rpm

HG 53.6 °C

KD 35.2 °C

SG 12.7 °C

VD 0.5 °C

- Automatik
- Heizen
- Regelbetrieb
- 00:48:33

Vorlauf 35.9 °C

Rücklauf 31.3 °C

Abgabeleistung 3.0 kW

Aufnahmeleistung 0.5 kW

COP 5.69

EQ Eintritt 3.3 °C



HLP 35.4 %

WA-Vol. 0.580 m³/h

SC 31.0 °C

EXVin 1.4 °C

ReV 0.0 %

ExV 15.8 %

EqM 43.0 %



Gruppe: 0

## Diskussionsteil III – Steigerung der Energie-Effizienz

**Steigerung der Effizienz der Wärmespeicherung....**

## Quellen: Prüfberichte zum eingehenden Selbststudium

Wärmepumpen-Testzentrum *Buchs* WPZ und

SPF Institut für Solartechnik *Rapperswil* der Ostschweizer Fachhochschule

Akkreditierte Prüfstellen nach EN 17025 für wissenschaftlich-objektive

Prüfleistungen und Qualitätsstandards auf dem Gebiet der Wärmepumpen- und Wärmespeicher-Technik,

[www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/systemtechnik/ies/wpz/pruefresultate-waermepumpen](http://www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/systemtechnik/ies/wpz/pruefresultate-waermepumpen)

[www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/erneuerbare-energien-und-umwelttechnik/spf-institut-fuer-solartechnik/forschung/empfehlungen](http://www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/erneuerbare-energien-und-umwelttechnik/spf-institut-fuer-solartechnik/forschung/empfehlungen)



**Youtube Kanäle von Technikern und Ingenieuren, die m.E. fundiertesten:** [www.youtube.com/@bonotos](https://www.youtube.com/@bonotos)

Wärmepumpe im Altbau - TOP 6 der Checkliste: [www.youtube.com/watch?v=l\\_j3\\_zBuCcw&t=16s](https://www.youtube.com/watch?v=l_j3_zBuCcw&t=16s)

Amortisation - lohnt sich eine Wärmepumpe?: [www.youtube.com/watch?v=HgHUagUDmgl](https://www.youtube.com/watch?v=HgHUagUDmgl)

Verschiedene Hydraulik-Schemata für Wärmepumpen: [www.youtube.com/watch?v=HNaPBNKMMnA](https://www.youtube.com/watch?v=HNaPBNKMMnA)

Zusätzliche Stromverbräuche durch Wärmepumpen-Hydraulik: [www.youtube.com/watch?v=PK8DdHK-pv4](https://www.youtube.com/watch?v=PK8DdHK-pv4)

Hydraulik-Messergebnisse der Energieeinsparung: [www.youtube.com/watch?v=l0orPQG9DQk&t=492s](https://www.youtube.com/watch?v=l0orPQG9DQk&t=492s)

TEIL 1 Wärmepumpen-Speicher und –Hydraulik: [www.youtube.com/watch?v=ciAsbgplclo](https://www.youtube.com/watch?v=ciAsbgplclo)

TEIL 2 Wärmepumpen-Speicher und –Hydraulik: [www.youtube.com/watch?v=Qh53ynBpeNk](https://www.youtube.com/watch?v=Qh53ynBpeNk)

<https://energiesparkommissar.de/videothek>

<https://www.youtube.com/@schlauenergiesparen>

# Effizienteste, platzsparende Speicherlösung für LW-Wärmepumpen **im Neubau**

- Eine Fußbodenheizung, Wand- oder Deckenheizung (WA) als Wärmespeicher mit Direkteinspeisung durch WP

→ **klarer Vorteil:** Das HZ-Totwasser muss in Heiz-Monaten nur auf **VLT 28-38°C** erwärmt werden

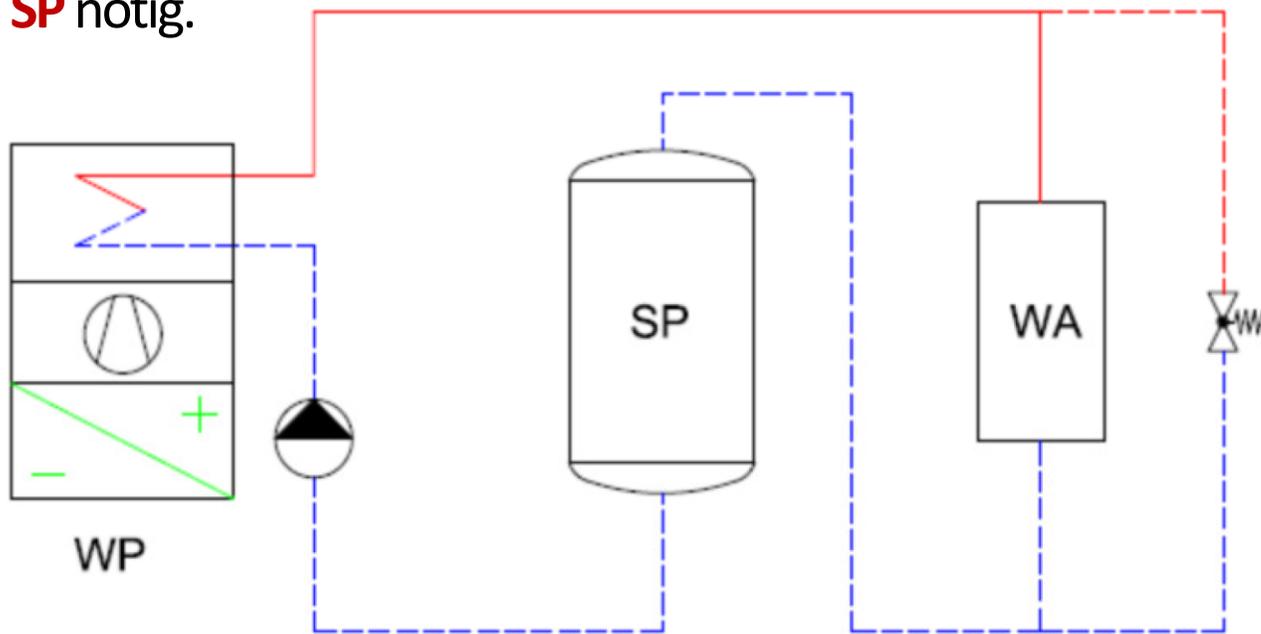
→ vernachlässigbare Verluste durch Abstrahlung und Vermischung im Neubau mit Fußbodenheizung.

→ **Nachteile:** **WW-Vorrat von 50-60°C** wird das ganze Jahr i.d.R. über eine zweite preiswerte, weniger effiziente **Brauchwasserwärmepumpe** (SCOP-60 < 4) im Haus / Keller bereitet, inkl. **65°C Legionellen-Programm!**

WA-Systeme mit Einzelraumregelung benötigen **wartungsananfälliges Überströmventil**, das den hohen Volumenstrom der WP ggf. aufrecht erhält, sonst schaltet die WP auf schädliche Dauertaktung oder Überdruckstörung.

Sollte Volumen des WA zu gering sein (Radiatoren), ist für **Enteisung der WP** ein kleiner(!) **serieller Pufferspeicher**

**SP** nötig.



Schema 3 mit Seriespeicher, ohne Wasser-erwärmung

Bei LW-WP mit Umkehrabtauung ist bei Heizsystemen mit kleinem Wasserinhalt (bspw. Radiatoren) ein Speicher notwendig. (Seriespeicher, Inhalt nach Angaben Hersteller, so **klein wie möglich**)



**Beispiel: ca. 2.200 €**  
 Discountpreis o. Einbau  
**Vitocal 060-A TOS-ze**  
**Umluftbetrieb SCOP 3,7**  
 251 L in > 7 h auf 62°C  
**Außenluftbetrieb SCOP 3,2**  
 251 L in > 9 h auf 62°C

**Chemisches Highlight:**  
**Hydrofluorolefin (HFO)-**  
 Kältemittel mit GWP 7  
 Chemischer Zerfall < 18Tage

# Eine der weniger effizienten Speicherlösungen für LW-Wärmepumpen:

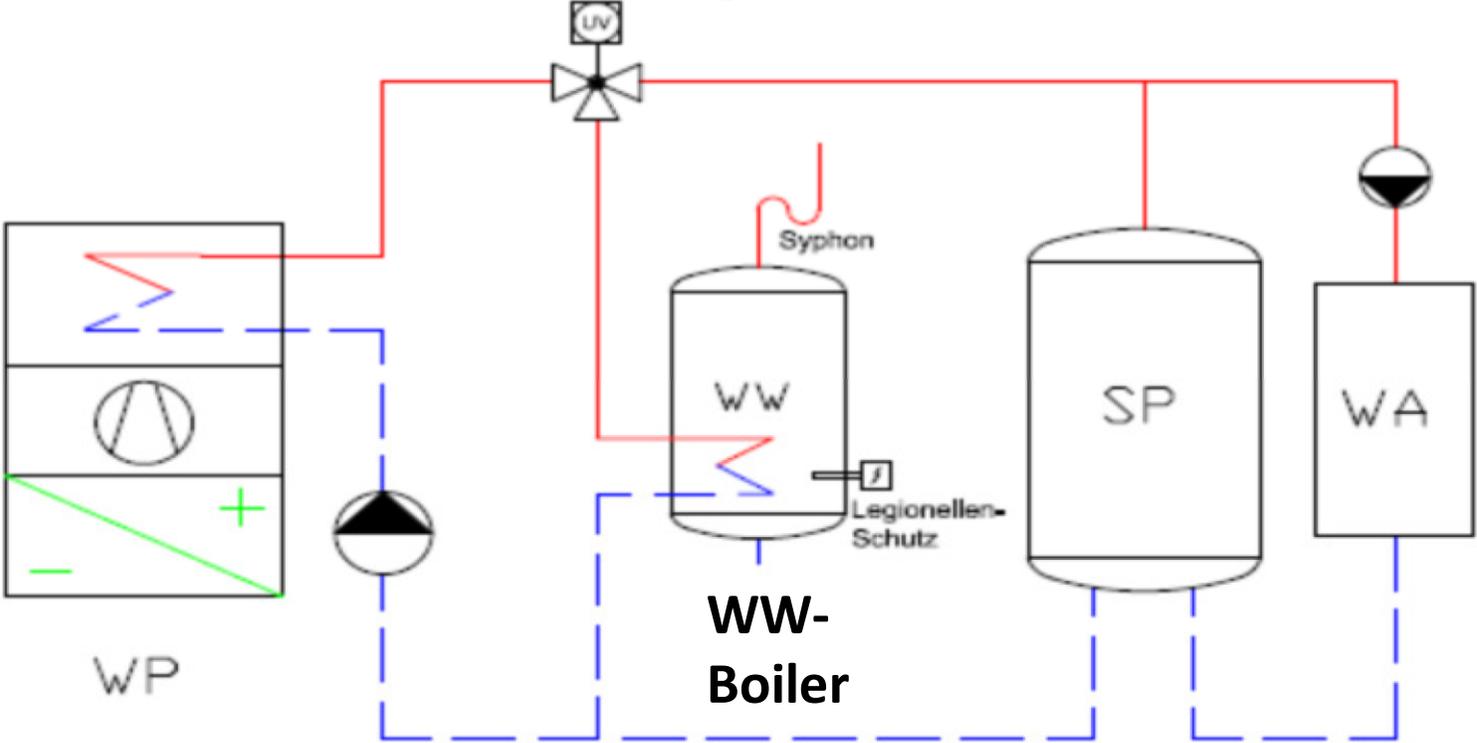
- Übernahme des alten WW-Boilers der ausgetauschten Gas- / Öl-Therme als 2-Speicher-Lösung für WW + SP

→ **Vorteil: billige Lösung, Parallelspeicher (SP)** ersetzt vorteilhaft das wartungsanfällige Überströmventil, aber

→ **Nachteile: Boiler-Erhitzung verbunden mit VL-Übertemperatur und Turbulenzen** - oft nicht passend zum

NT-Wärmeerzeuger WP → **bis zu 40% höhere Stromkosten im Vergleich zur effizientesten Speicherlösung.**

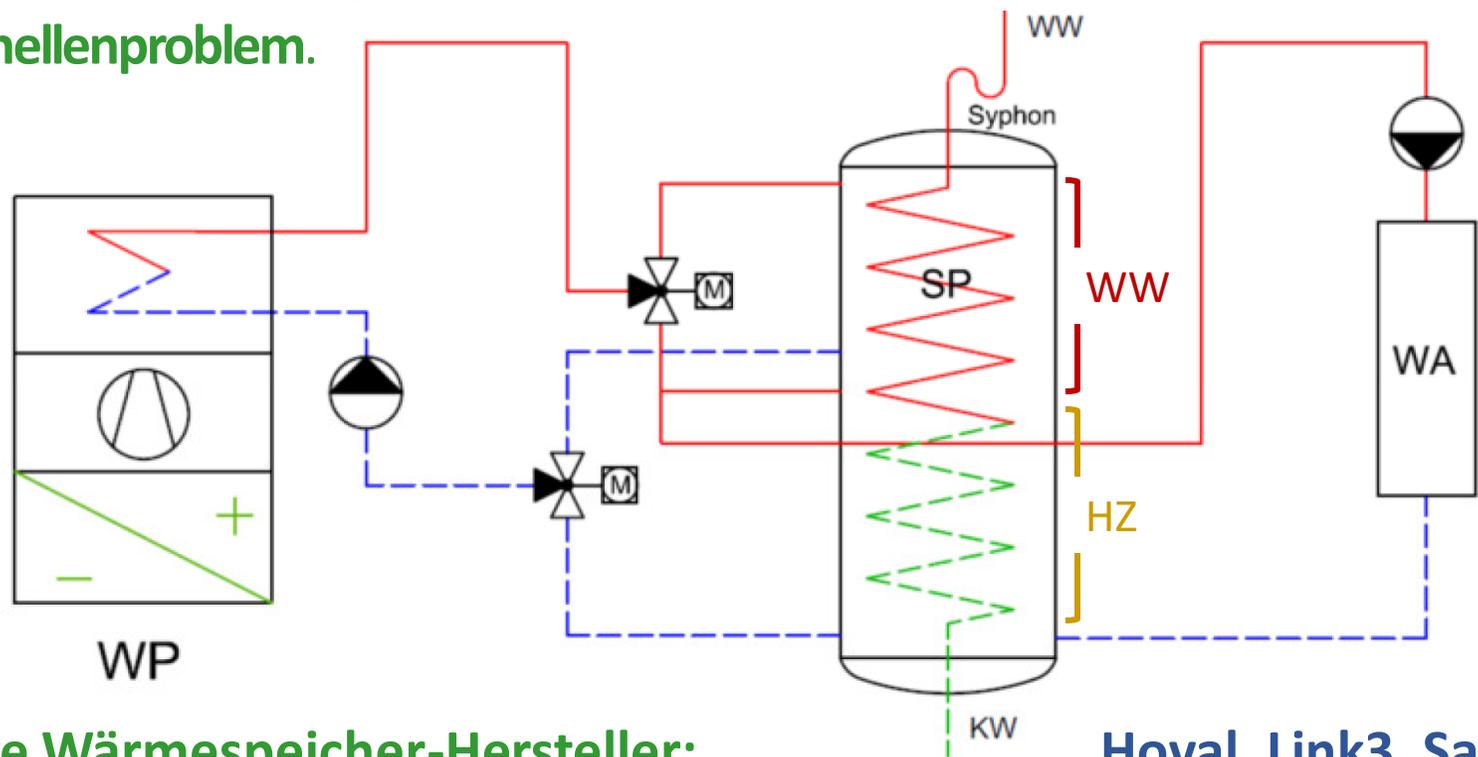
Höherer Installationsaufwand (Kosten), hoher Platzbedarf, höhere Abstrahlverluste, ggf. teurer elektrischer Legionellenschutz, WW muss hydraulisch vor dem Parallelspeicher abtrennbar eingebunden sein, sonst wird bei jedem WW-Laden auch der SP überhört aufgeladen.



Schema 6  
Parallelspeicher,  
mit Warmwasser-  
bereitung

# Effizienteste, platzsparende Speicherlösung für LW-Wärmepumpen **im Bestandsbau**

- Ein effizienter Schichtspeicher >700 L mit „Totwasser“ als Wärmeträger von oben mit max. 50°C gefüllt
- Zwei synchron schaltende Dreiwegeventile für die Umschaltung auf WW- auf HZ-Ladung, statt zwei separate Speicher für Boiler-WW-Vorrat und HZ-Puffer → geringere Wärmeverluste, Unterstützung der WW-Bereitung durch **Vorerwärmung des KW im Winter durch HZ-Puffer**, keine hohe Übertemperatur für WW-Boiler-Beladung, keine Bevorratung warmen Trinkwassers, schnellere Installation, wenig Platzbedarf.
- Innenliegendes Frischwasser-Spiralrohr als Durchlauferhitzer, statt Plattenwärmetauscher oder Boiler
- keine zusätzlichen Pumpverluste, kaum Nutzwärmeverluste durch Vermischung von WW und KW, kein Legionellenproblem.



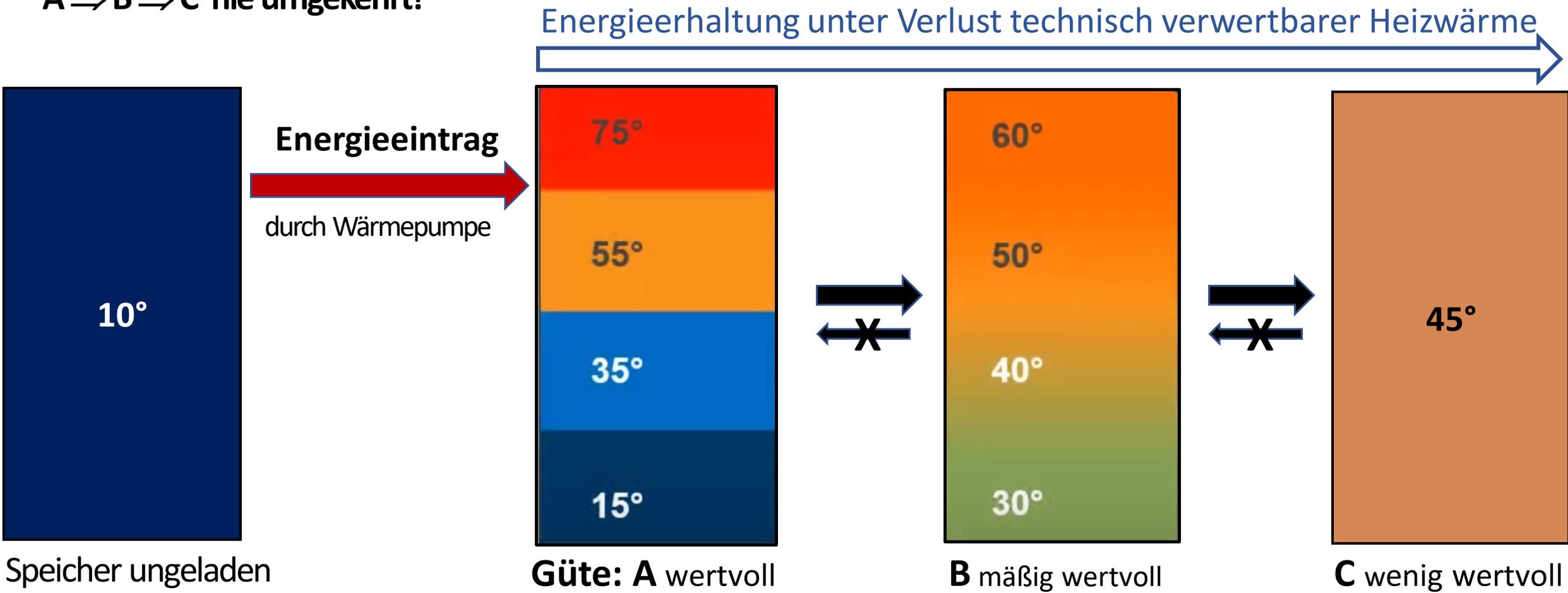
Schema 8  
 Kombispeicher mit innenliegendem Warmwasser-Wärmetauscher, Umschaltung Heizbetrieb oder Warmwasserladung mit Umschaltventilen im Vor- und Rücklauf

Innovative Wärmespeicher-Hersteller:

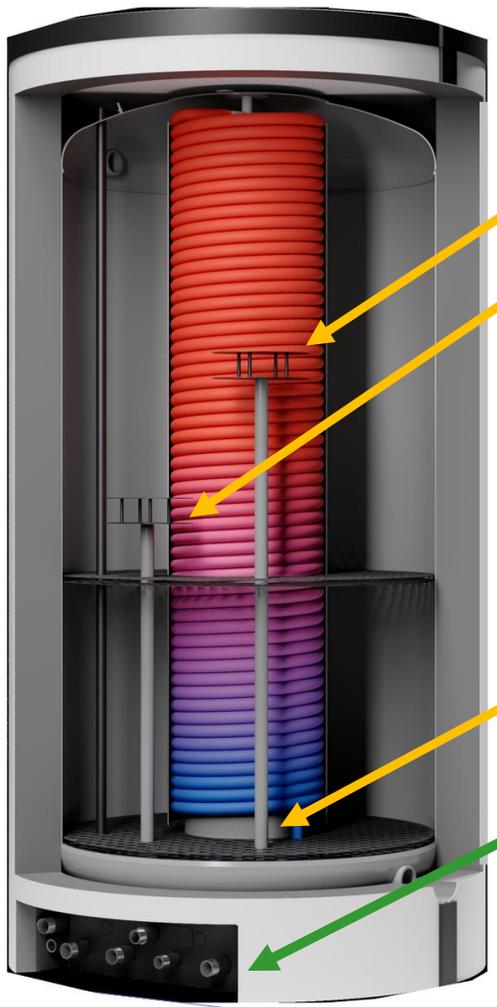
Hoval, Link3, Sailer Solarfocus, Forstner etc.

# Das thermodynamische Geheimnis effizienter Schichtspeicher für Wärmepumpen

- Schichtspeicher A mit hoher Schichtungseffizienz >80% hat die gleiche Gesamtenergie gespeichert wie B und C. Der für Heizkörper technisch nutzbare Anteil der Speicherenergie in A ist aber wesentlich höher als in B oder C.
- Wärmetransport gehorcht dem Naturgesetz der Entropie-Zunahme: Er erfolgt freiwillig nur in eine Richtung A ⇒ B ⇒ C nie umgekehrt!



# Link3 Schichtspeicher <https://link3.at> Teilentkoppelte Hydraulik-Einbindung

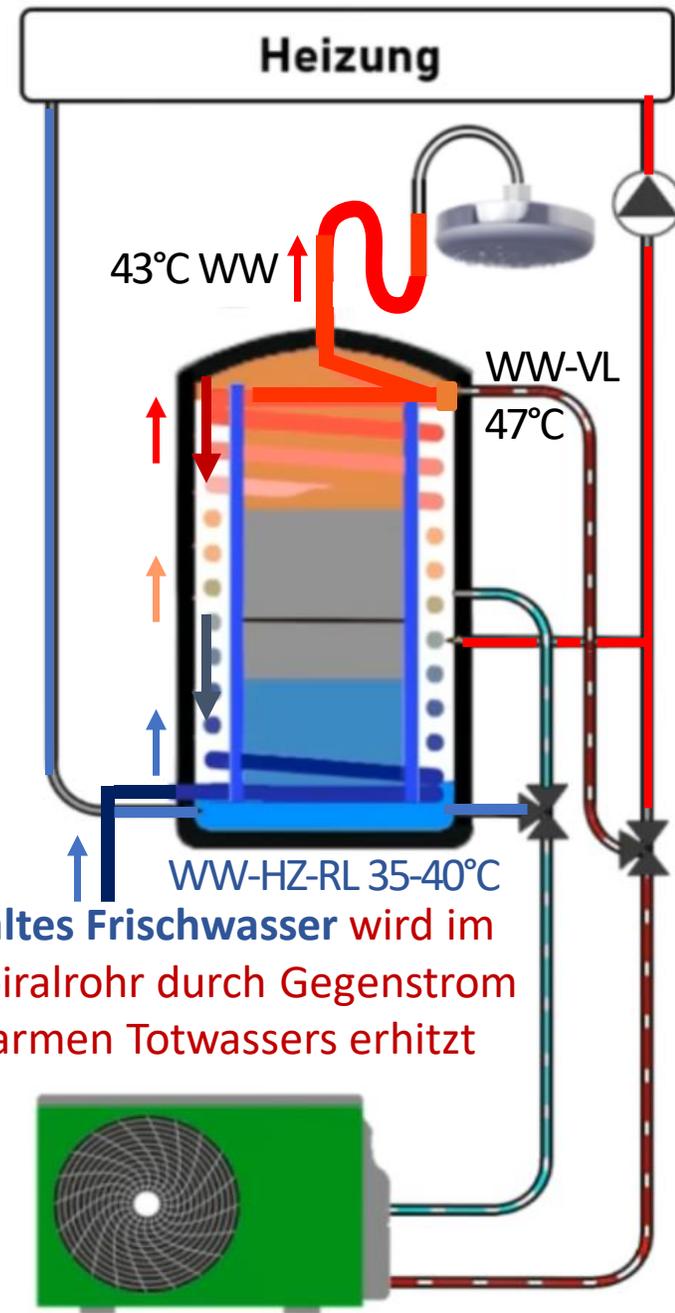


Modell DuoLink 750 L

**turbulenzberuhigte Einspeisung** des VL-RL-Volumenstroms auf Höhe der Temp.-Schichtung

**Druckausgleichsbehälter integriert** - ohne Membran!

**Einführung aller Hydraulikleitungen am Boden** → schnellere Installation weniger Wärmeverluste



**Thermosiphon** verhindert Speicherverluste durch natürliche Rohr-Konvektion

**Lochblech** für laminaren Druckausgleich verhindert Warm-Kalt-Vermischung

HZ-VL 45°C teilt sich in **70-80% Direkteinspeisung** + **20-30% HZ-Speicherladung**

**Zwei synchron schaltende 3-Wege-Ventile** schalten den VL-Wärmestrom um von WW-Speicherladung auf HZ-Direkteinspeisung bzw. HZ-Speicherbeladung.

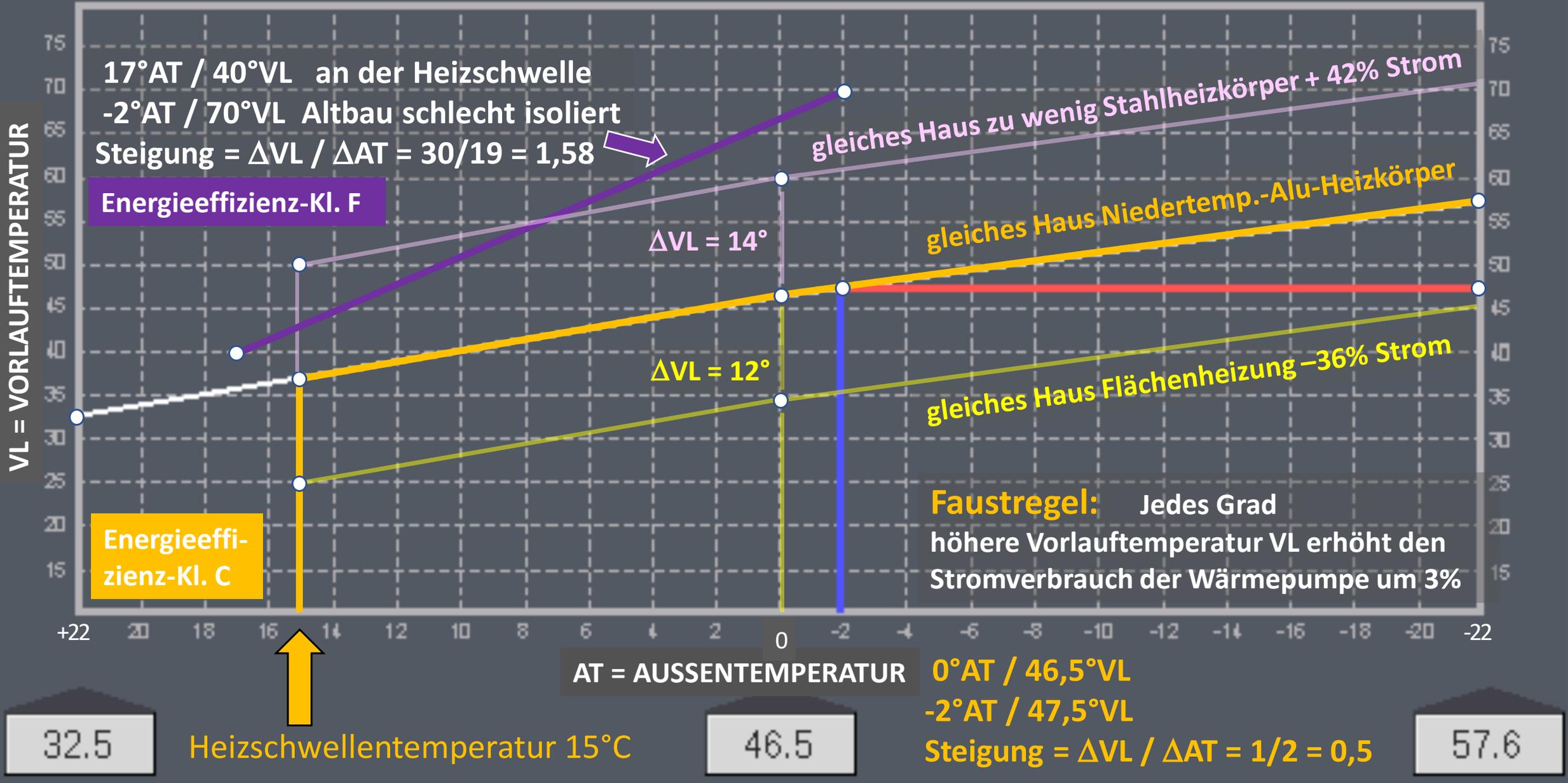
Modell PowerLink 900 L

## Diskussionsteil III – Steigerung der Energie-Effizienz

**Steigerung der Effizienz der Wärmeabgabe....**

# Effizienzfaktor Heizkurve – definiert durch Zahlenpaare von VL und AT

Dämmung des Hauses bestimmt Steigung - Wärmeabgabesystem bestimmt die Parallelverschiebung



# Heizkörper - Typen: Einfluss auf benötigte Vorlauftemperatur und Effizienz

**Stahl**

Typ 10

Typ 11

Typ 21

Typ 22

**Guss-**

Radiator

Typ 33

**Alu**

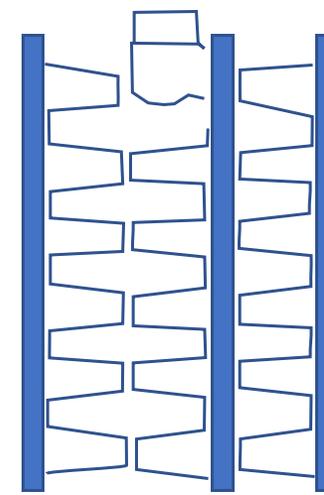
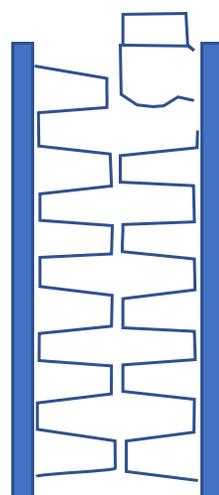
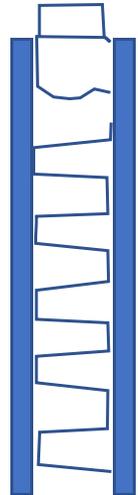
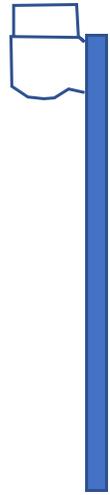
**Heizkörpergröße**

Breite: 140 cm

Höhe : 50 cm

$T_{\text{Raum}} : 21^{\circ}\text{C}$

**Leistung: 95 W**



Tiefe:

59 mm

62

66

102

160 mm

157 mm

60 mm

benöt. Vorlauf:

81°C

69°C

57°C

53°C

49°C

46°C

32°C

-8°C Rücklauf:

73°C

60°C

49°C

45°C

41°C

38°C

28°C(-4°C)

**COP A-5/W<sub>VL</sub>:**

**1**

**2,3**

**2,8**

**3,0**

**3,25**

**3,5**

**~4,5**

für WP Lambda EU15L

**Mehrverbrauch**

250%

52%

**25%**

17%

8%

**0%**

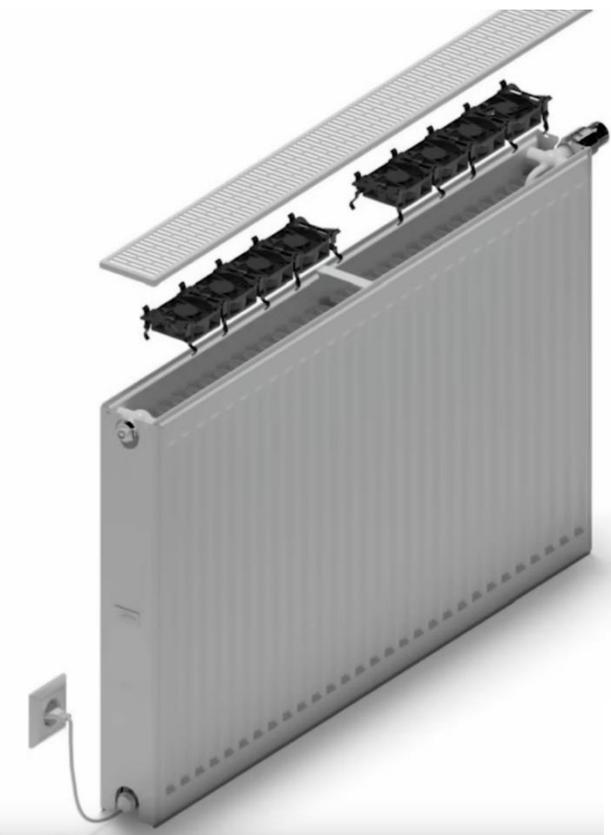
**-10%**

**an Strom: Stahl-Typ 21 vs Alu-Typ 21**

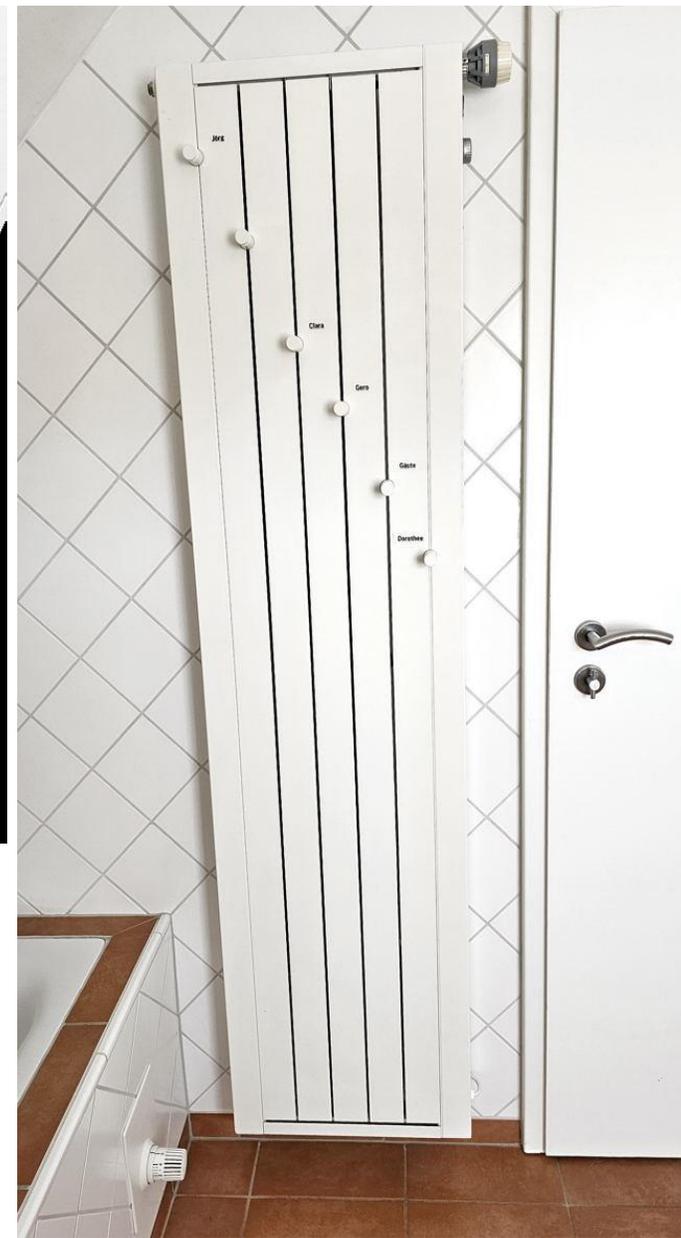
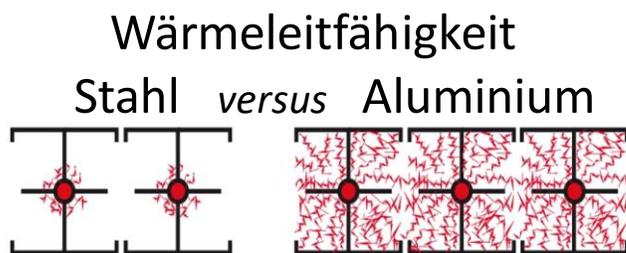
**Quelle:** in Anlehnung an Dr.-Ing. P. Klafka, S4F RG Aachen

Leistung berechnen: Bundesverband Wärmepumpe: [www.waermepumpe.de/normen-technik/heizkoerperrechner/](http://www.waermepumpe.de/normen-technik/heizkoerperrechner/)

# Effiziente Niedertemperatur-Heizkörper



Gleiche Wärmeabgabe bei VL-Temperatur 40-45 statt 50-55°C bei vorteilhaft kleiner Baugröße spart 30% Strom der Wärmepumpe!



## z.B. von Kermi oder Vasco

- **Gebälsekonvektoren aus Stahl**
- 25 – 40% effizientere Wärmeabgabe durch Unterstützung der Konvektion
- auch zur Passivkühlung bis unter 16°C
- Taupunktwärter empfohlen

## z.B. von Olymp

- **aus Aluminium** - in 180 RAL Farben
- 4,5x so hohe Wärmeleitfähigkeit wie Stahl
- Passivkühlung durch Wärmepumpe bis 8°C (Kondenswasserrinne /Ablauf erforderlich)
- auch Kombination Wasser/Elektroheizkörper

# Olymp Niedertemperatur-Aluminium-Heizkörper <https://heizkoerper-manufaktur.de>



[www.waermepumpe.de/werkzeuge/heizkoerperrechner/](http://www.waermepumpe.de/werkzeuge/heizkoerperrechner/)



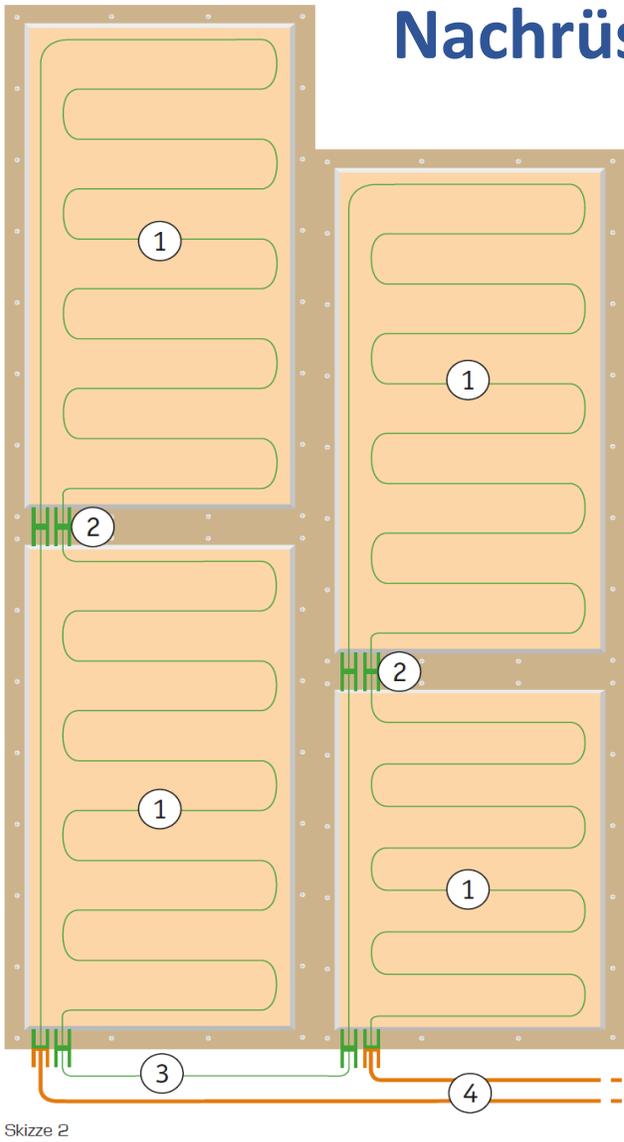
Schlichtes, modernes, schwebendes Design  
abkippbar, Anschluss mit Flexschlauch oder Rohr  
Bautiefen 6 / 13 / 20 cm - Baulängen bis 360 cm  
Bauhöhen 25 / 35 / 50 / 60 / 90 / 180 cm

**Hydraulischer Abgleich:** Ersatz der 2-3 schwächsten Heizkörper **im Altbau** durch Alu-Hochleistungsheizkörper empfohlen!



# Nachrüsten von Niedertemperatur-Wand- und Deckenheizungen

**Naturbo Lehmputz-Trockenbausystem:**  
Alu-Rohr in atmungsaktiven, naturnahen Dämmplatten **Nicht mit Möbeln zustellen, Nageln + Bohren → Metalldetektor!**



Vorlauf zu Zentralheizung  
Rücklauf zu Zentralheizung

-  Aluverbundrohr 11,6 mm
-  Aluverbundrohr 16 mm
-  Presskupplung 11,6 / 11,6
-  Presskupplung 11,6 / 16



Klemmschienen zum Nassverputzen  
Trockenbau-Decken- und Wandsystem

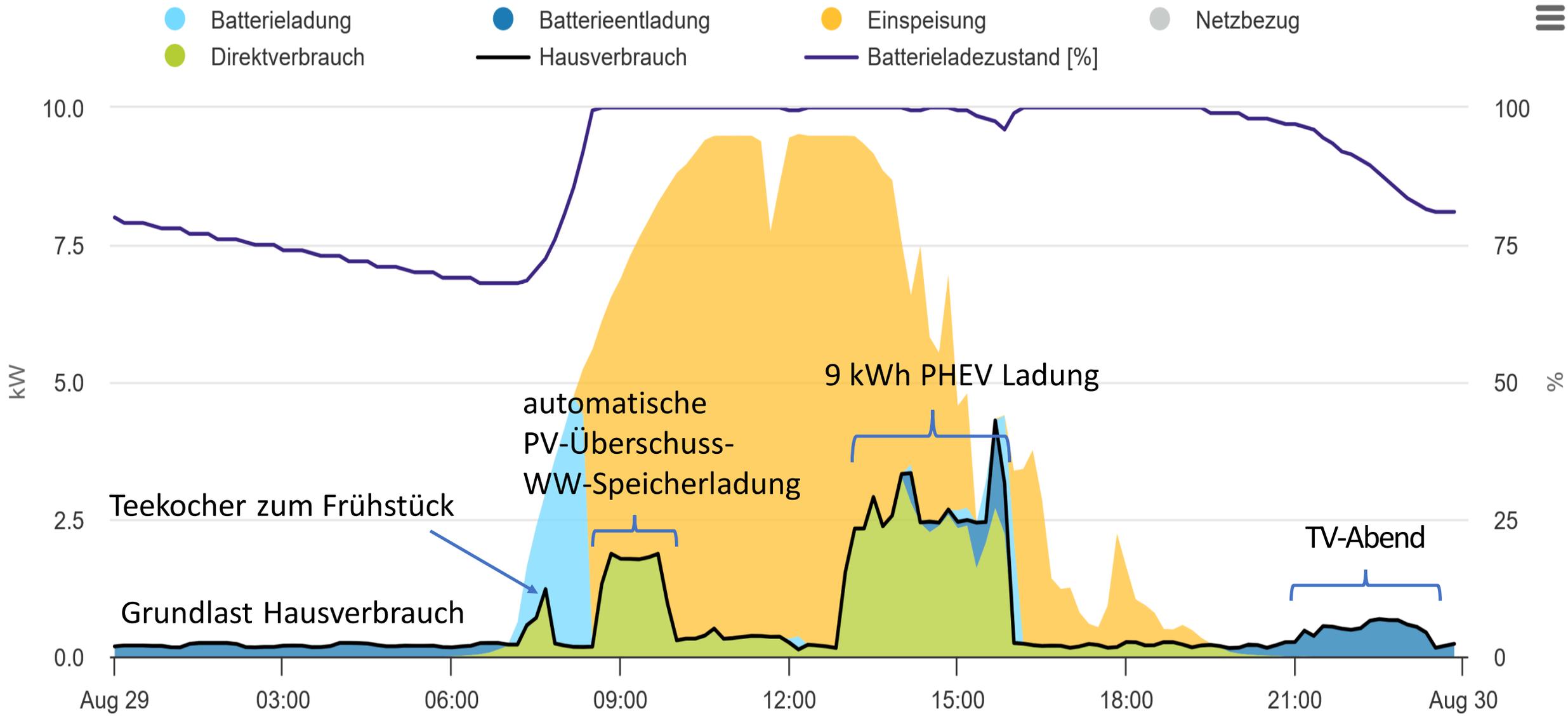


# Experimentelle Ergebnisse

## Typische Tages- und Wochen-Energieprofile 2024 und 2025

# Tagesprofil vom 29. August 2024

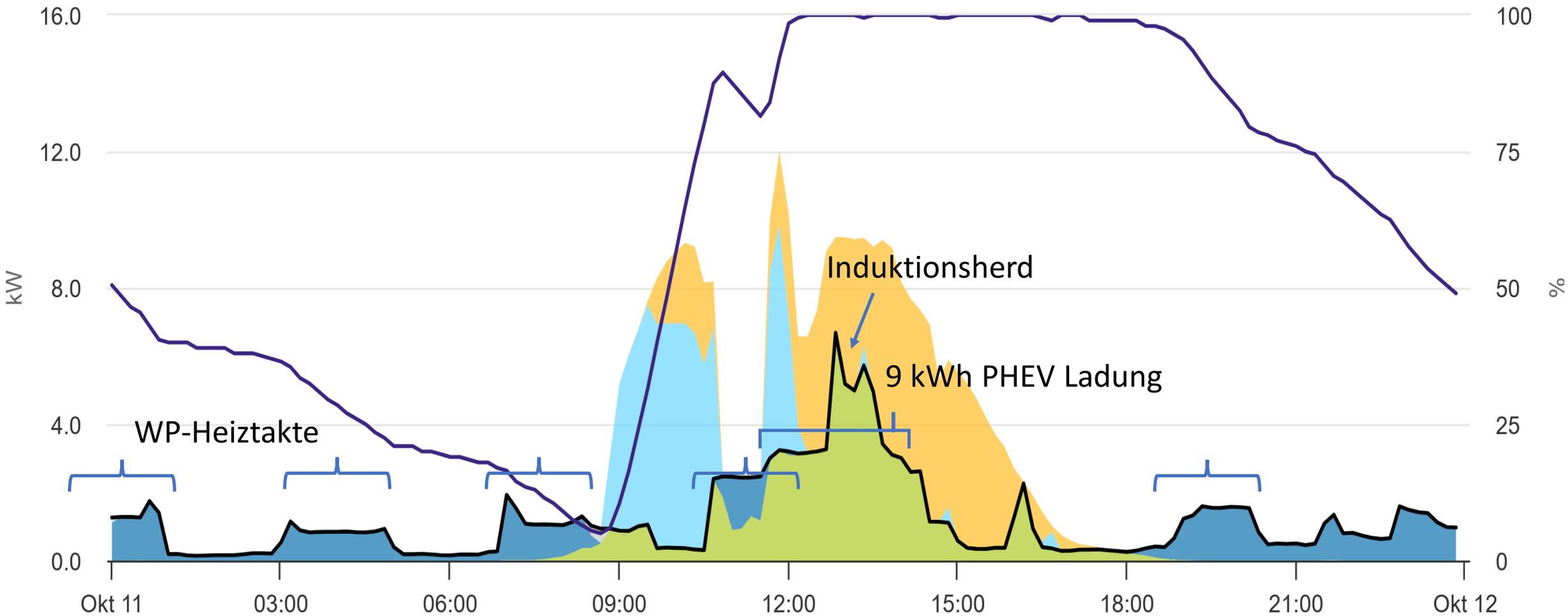
(AT min. 13,9 – max. 32,3°C)



# Tagesprofil vom 11. Oktober 2024

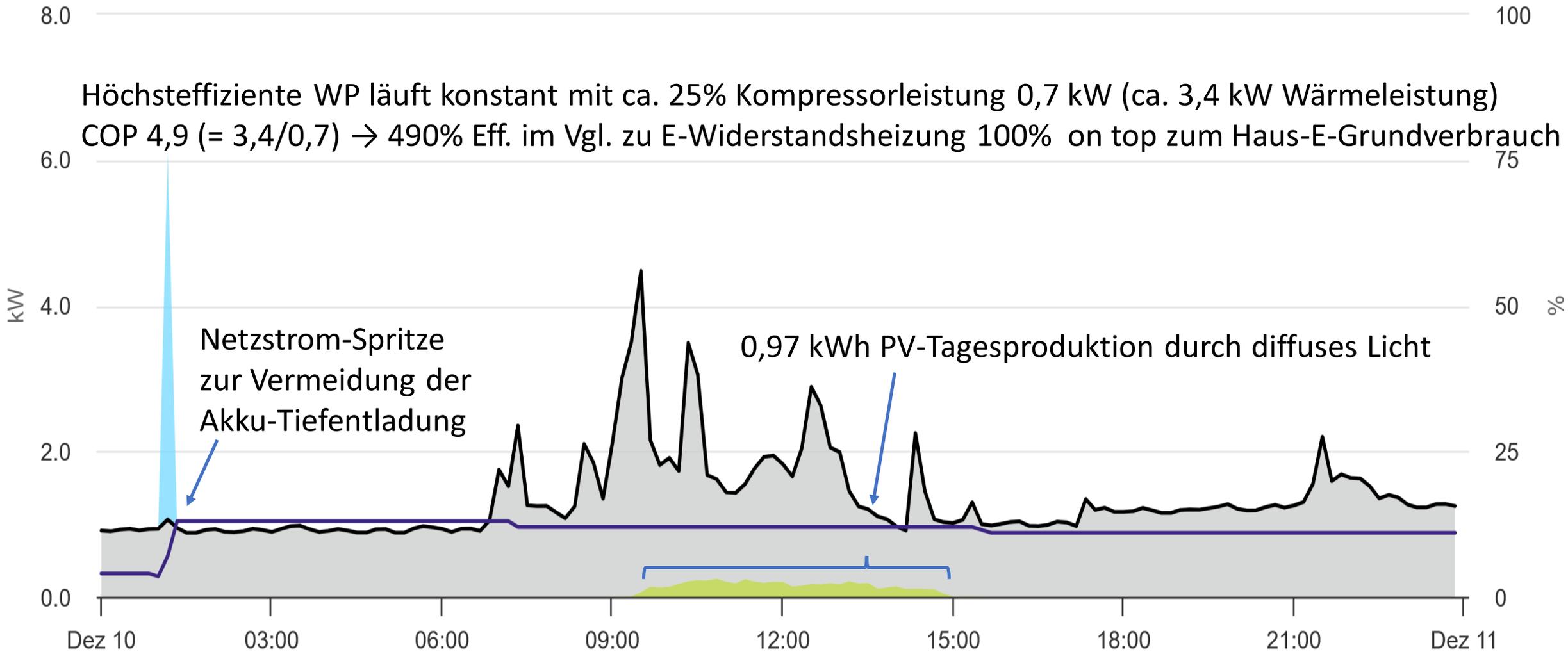
(AT min. 3,6 – max. 13,9°C)

- Batterieladung
- Batterieentladung
- Einspeisung
- Netzbezug
- Direktverbrauch
- Hausverbrauch
- Batterieladezustand [%]



# Tagesprofil vom 10. Dezember 2024 (Hochnebel, Dunkelflaute, AT min. 0,7 – max. 2,1°C)

● Batterieladung ● Netzbezug ● Direktverbrauch — Hausverbrauch — Batterieladezustand [%]

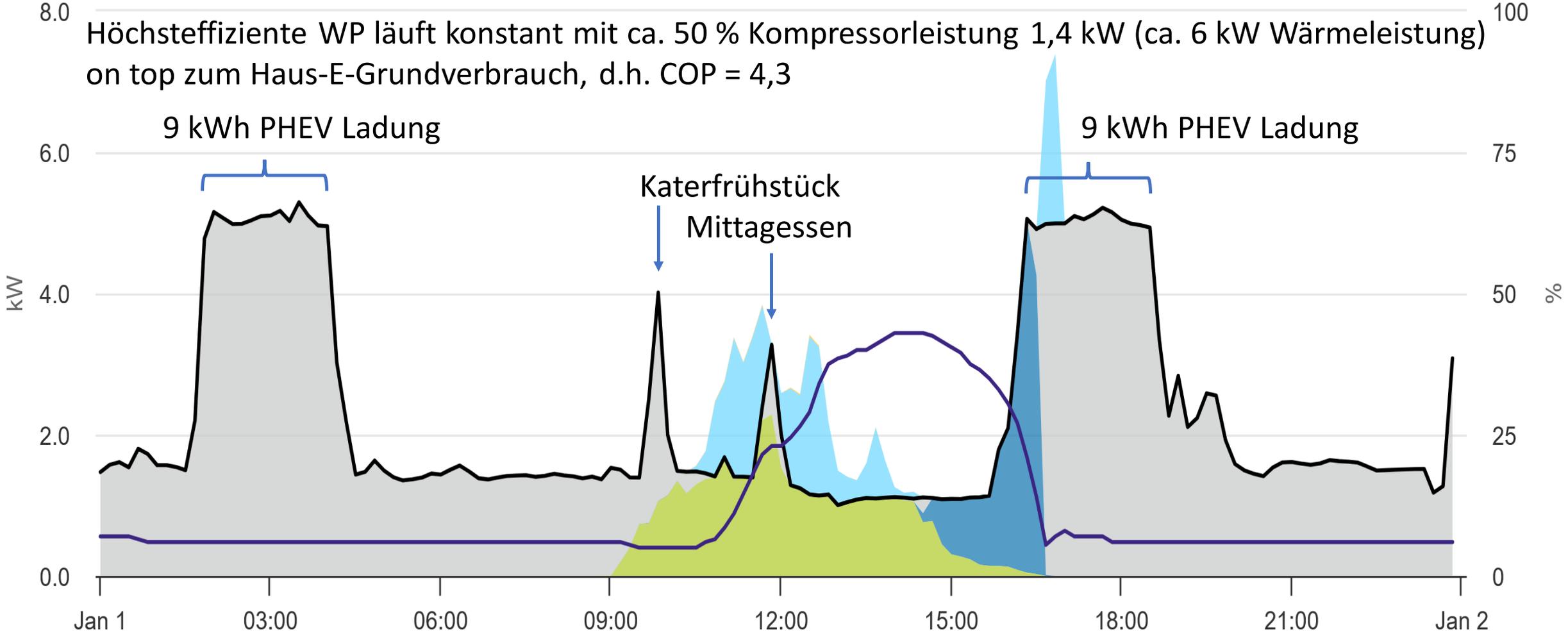


Höchsteffiziente WP läuft konstant mit ca. 25% Kompressorleistung 0,7 kW (ca. 3,4 kW Wärmeleistung)  
COP 4,9 (= 3,4/0,7) → 490% Eff. im Vgl. zu E-Widerstandsheizung 100% on top zum Haus-E-Grundverbrauch 75

# Tagesprofil vom 1. Januar 2025

(es komme Licht! AT min. -1,0 – max. 5,9°C)

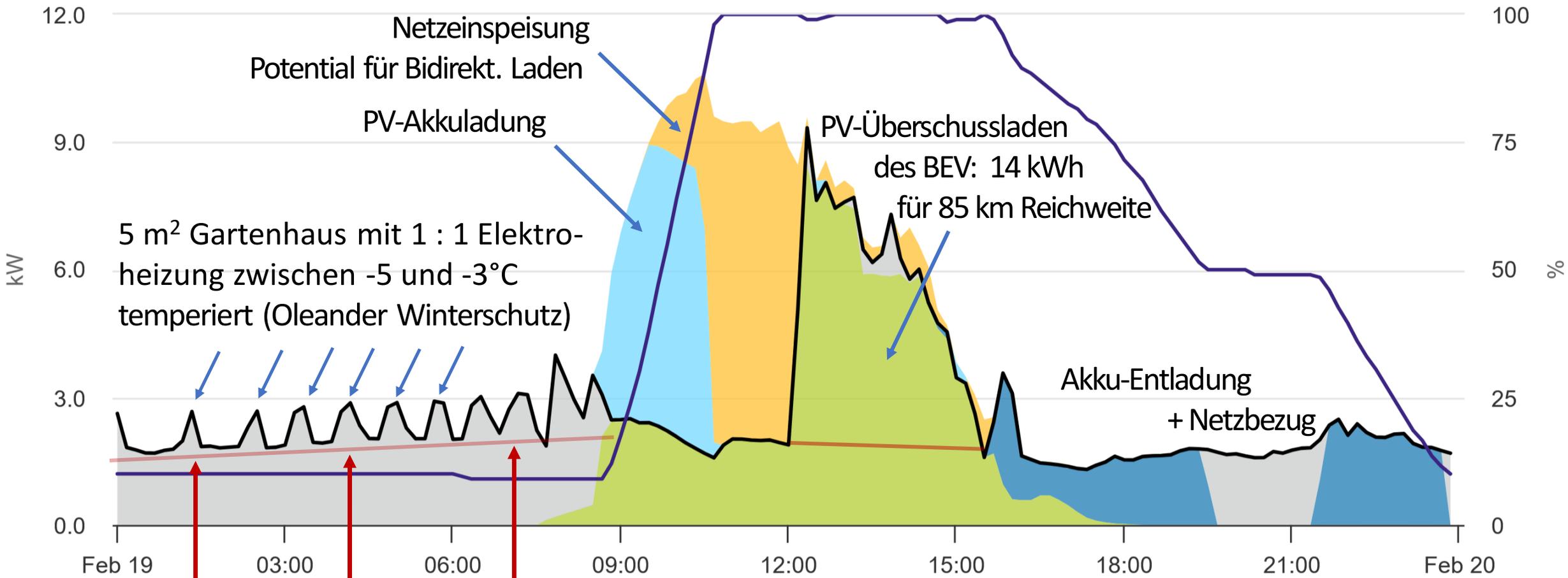
- Batterieladung
- Batterieentladung
- Einspeisung
- Netzbezug
- Direktverbrauch
- Hausverbrauch
- Batterieladezustand [%]



# Tagesprofil vom 19. Februar 2025

(AT min. -8,0 – max. 3,4°C)

- Batterieladung
- Batterieentladung
- Einspeisung
- Netzbezug
- Direktverbrauch
- Hausverbrauch
- Batterieladezustand [%]



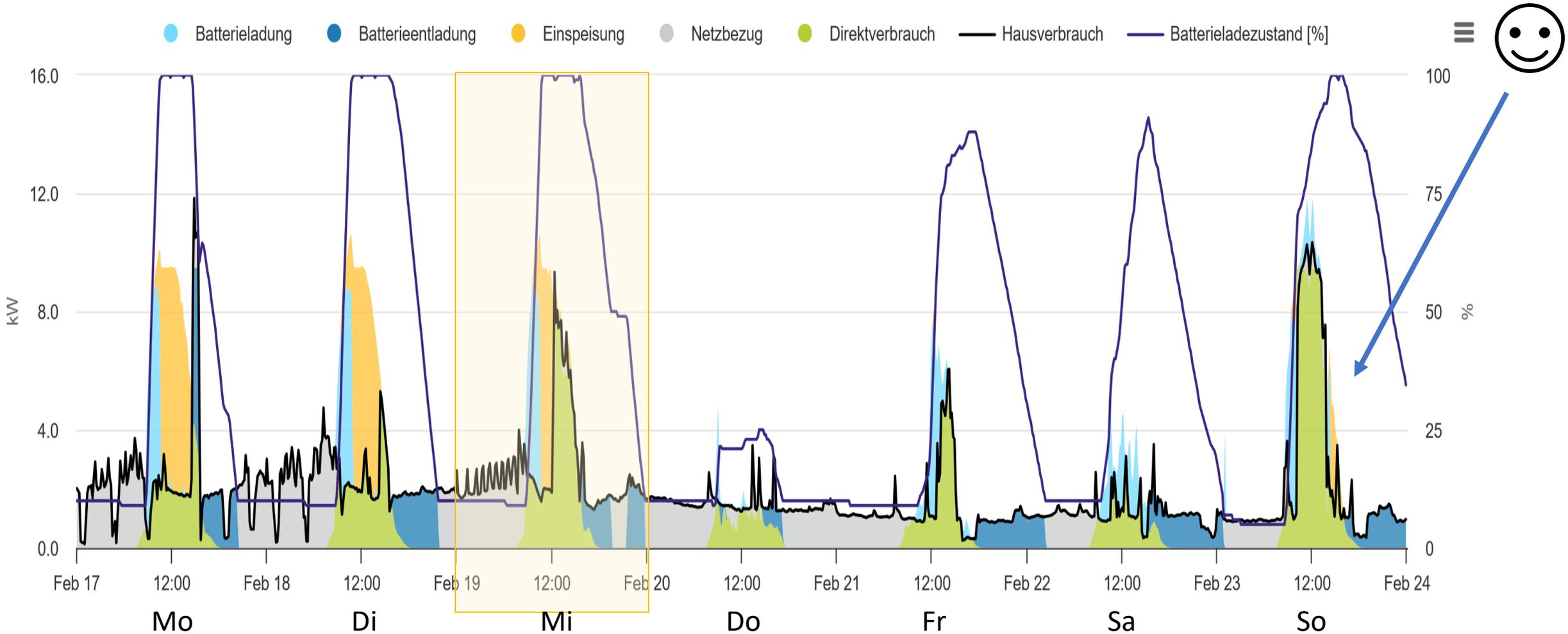
200 m<sup>2</sup> Wohnhaus mit 1 : 4,5 Wirkfaktor der Wärmepumpe zwischen 20 und 21°C temperiert inkl. E-Grundversorgung

# Wochenprofil vom 17.-24. Februar 2025

(AT min. -8,8 – max. 12,4°C)

SoC (State of Charge) des 12,8 kWh Heimakkus erreicht an 4/7 Tagen wieder 100 %

**Jagd** auf **PV-Einspeise-Phasen** für **PV-Überschussladen des BEV** – 3x halb daneben, **Blattschuss am So!**



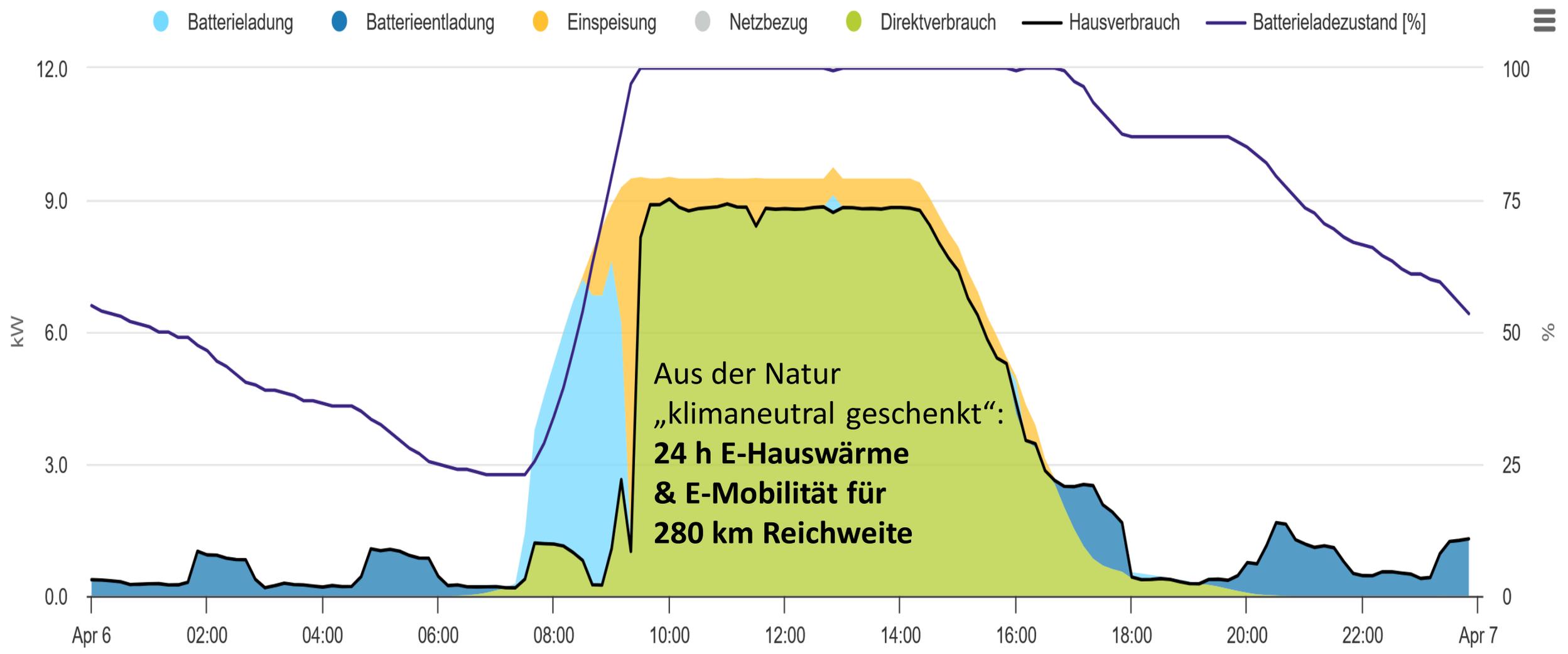


Ende März beginnt das Leben auf der Sonnenseite!  
Im Winter 24/25 war es 180 h lang  $< -5^{\circ}\text{C}$ , Widerst.-  
Heizung auf max.  $-3^{\circ}\text{C}$  kostete 90 kWh:  $180\text{ h} \times 0,5\text{ kW}$   
Dauer- bzw. 1 kW getaktete  
Heizleistung = 33 €  
für Oleanderschutz.

# Tagesprofil vom 6. April 2025

(AT min. -1,7 – max. 10,0°C)

77 kWh PV-Erzeugung, nur 7 kWh Einspeisung - 70 kWh Verwertung dank BEV-Akku und PV-Überschussladen



# Experimentelle Ergebnisse

## Typische Monats-Energieprofile 2023 bis 2025

# Hausverbrauch im Oktober 2023:

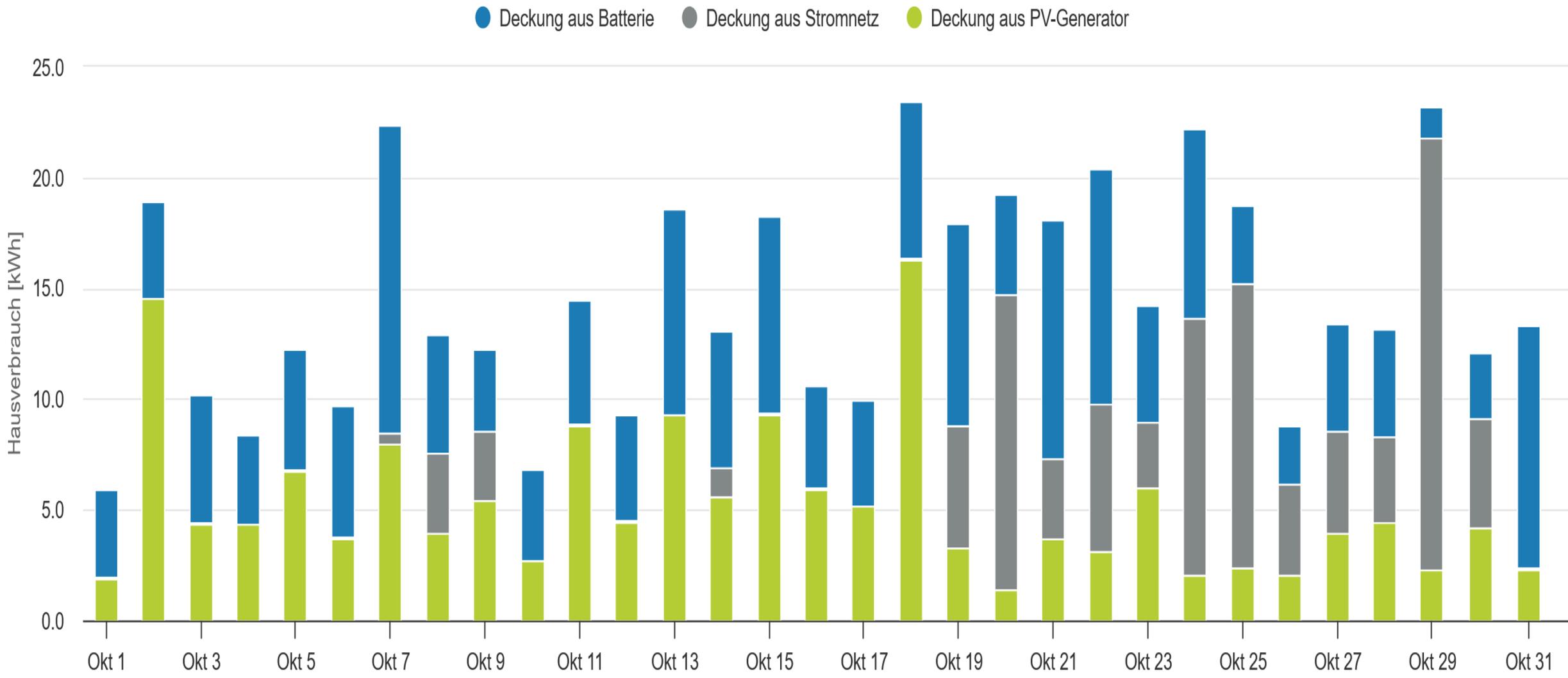
Gastherme & PHEV laden

aus PV-Akku 188

Netzbezug 103

PV-Direktverbrauch 162

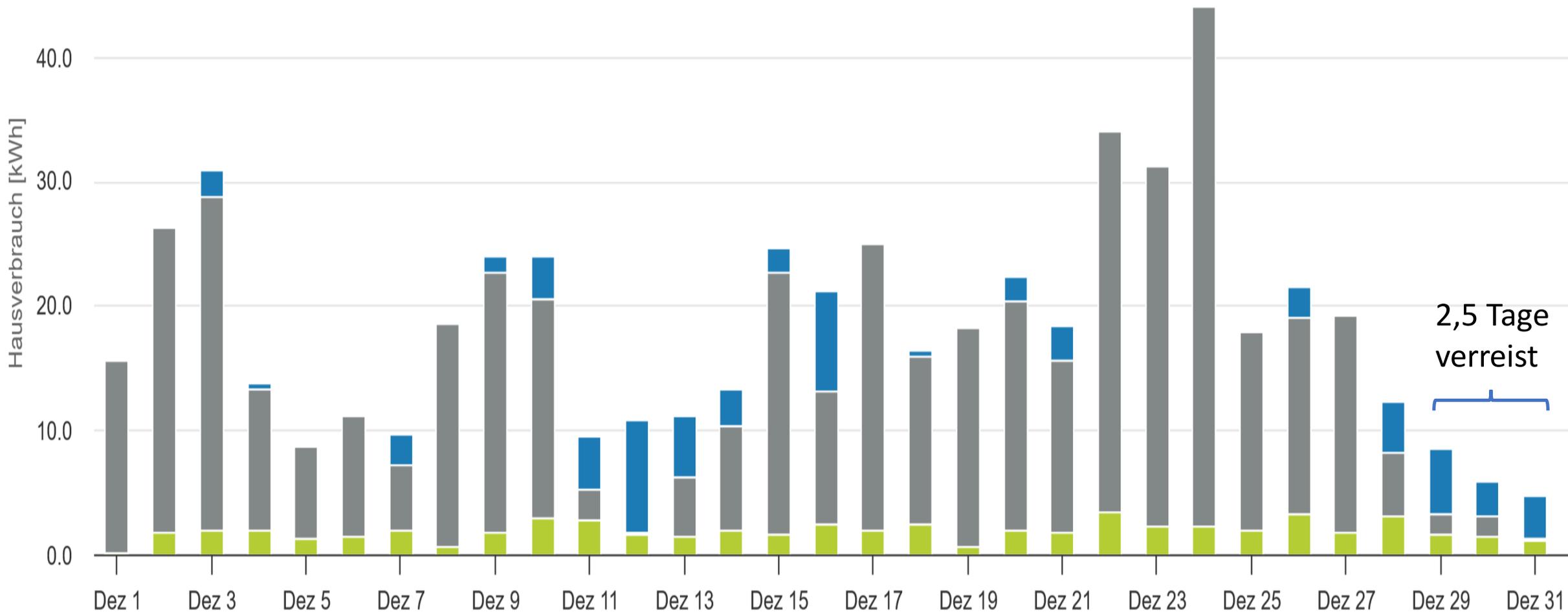
Einspeisung 219 kWh für 8 Ct/kWh verschenkt



# Hausverbrauch [kWh] im Dezember 2023:

aus PV-Akku 65    Netzbezug 451    PV-Direktverbrauch 59

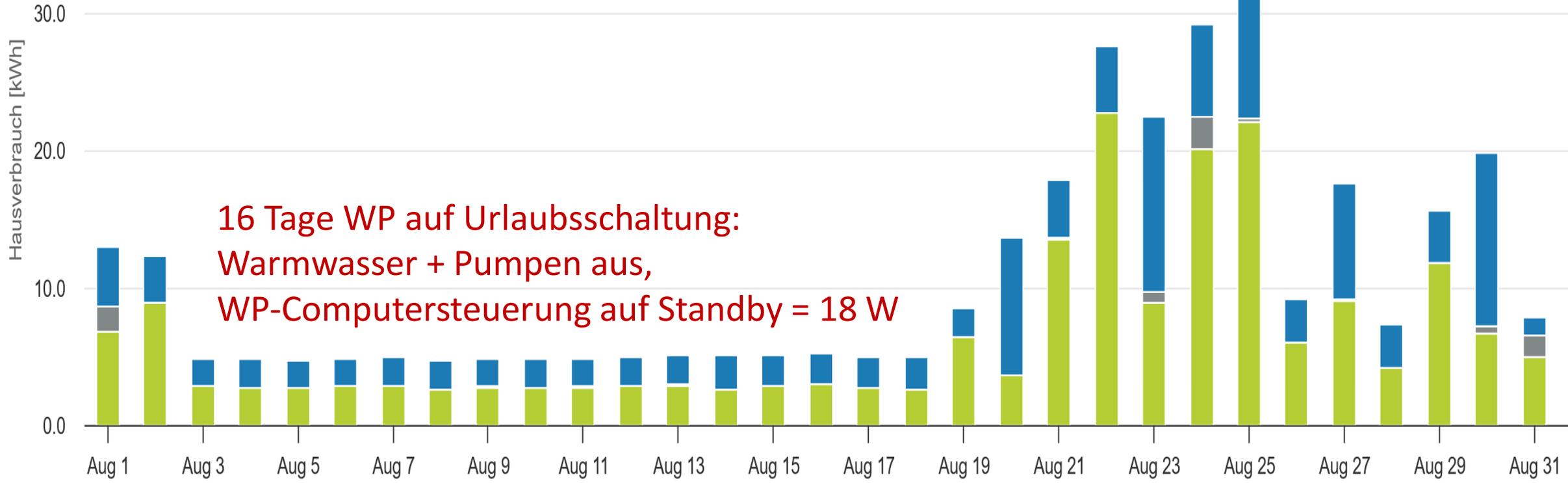
Gastherme & PHEV laden  
Einspeisung 0 kWh verschenkt



Trotz Ladens eines E-Hybridfahrzeugs (Verbrauch ca. 10 kWh alle 1-2 Tage für 30-40 km Reichweite) konnten im Dezember **27,6 % des Stromverbrauchs über PV** bereitgestellt werden – **gültig für Gastherme statt WP.**

# Hausverbrauch im August 2024: WP im Urlaubsmodus

aus PV-Akku 125    Netzbezug 8    PV-Direktverbrauch 201    Einspeisung 1.554 kWh für 8 Ct/kWh verschenkt

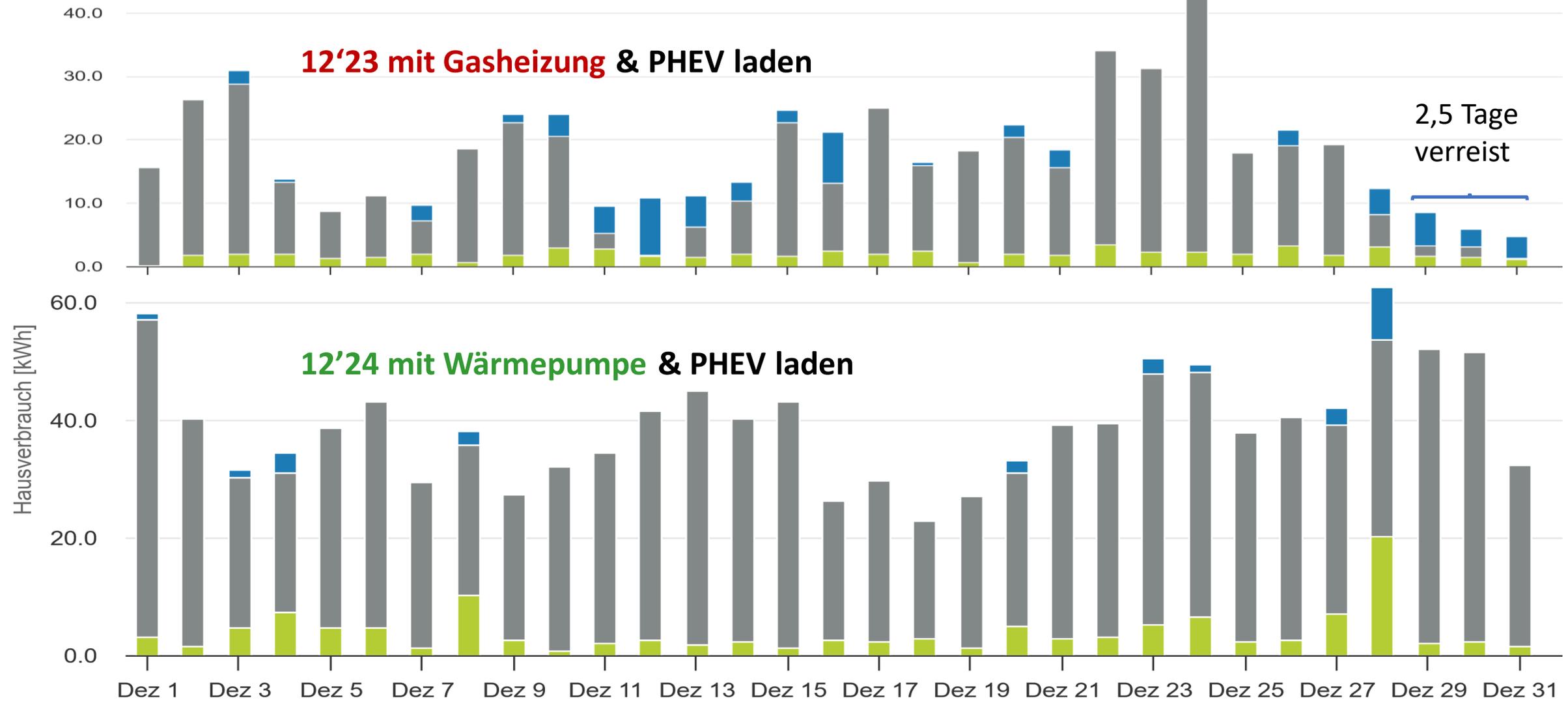


**Grundverbrauch des Hauses ca. 4,9 kWh/Tag:** 2,8 kWh aus PV-Generator und 2,1 kWh aus Batterie (nachts)  
**Dauerverbraucher:** WLAN-Router und -Repeater, Kühlschrank und Tiefkühltruhe, Hauslüftungsanlage, Computersteuerung für Lambda-WP, 10 kW Wechselrichter, Bereitschaftsbetrieb für Garagentoröffner und Wallbox, nächtliche Bewegungsmelder - ums Haus schleichende Katzen, Intervallbeleuchtung innen nachts im Urlaub.

# Stromversorgung im **Dezember 2023 mit Gasheizung** / **Dezember 2024 mit Wärmepumpe**

12'23: Hausverbrauch 574 kWh = 450 Netz (78%) + 65 PV-Akku (12%) + 59 PV (10%) = **22% Autarkie**

12'24: Hausverbrauch 1.212 kWh = 1.064 Netz (88%) + 26 PV-Akku (2%) + 122 PV (10%) = **12% Autarkie**



## Experimentelle Ergebnisse

**Jahresenergiebilanz 2024** (Gas, WP ab 5'24 & E-Mobilität mit PHEV)

**Jahresenergiebilanz 5'24 – 4'25** (WP & E-Mobilität mit PHEV, ab 1'25 BEV)

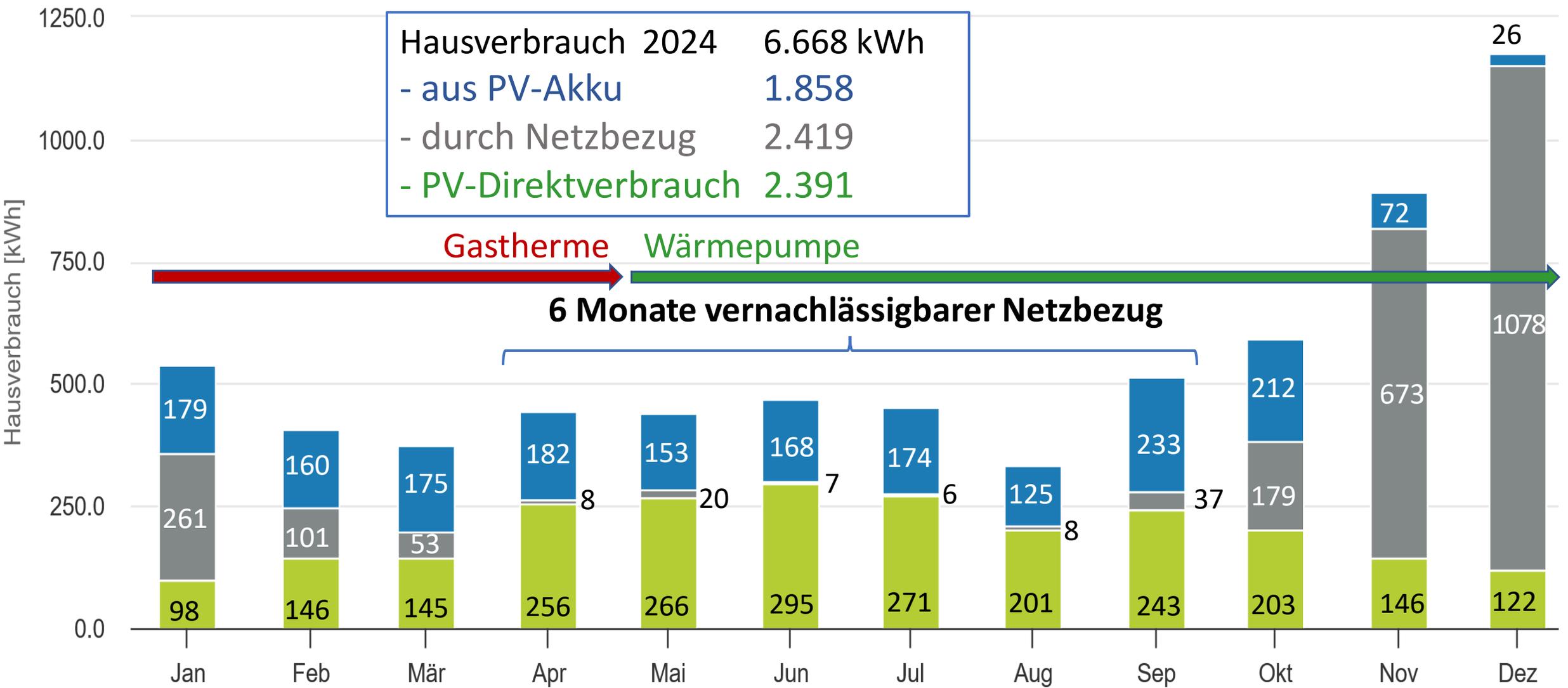
# Hausverbrauch 2024 - Bilanz Plug-in-Hybrid PHEV & Gas/Wärmepumpe seit 5'24:

● Deckung aus Batterie ● Deckung aus Stromnetz ● Deckung aus PV-Generator

Hausverbrauch 2024	6.668 kWh
- aus PV-Akku	1.858
- durch Netzbezug	2.419
- PV-Direktverbrauch	2.391

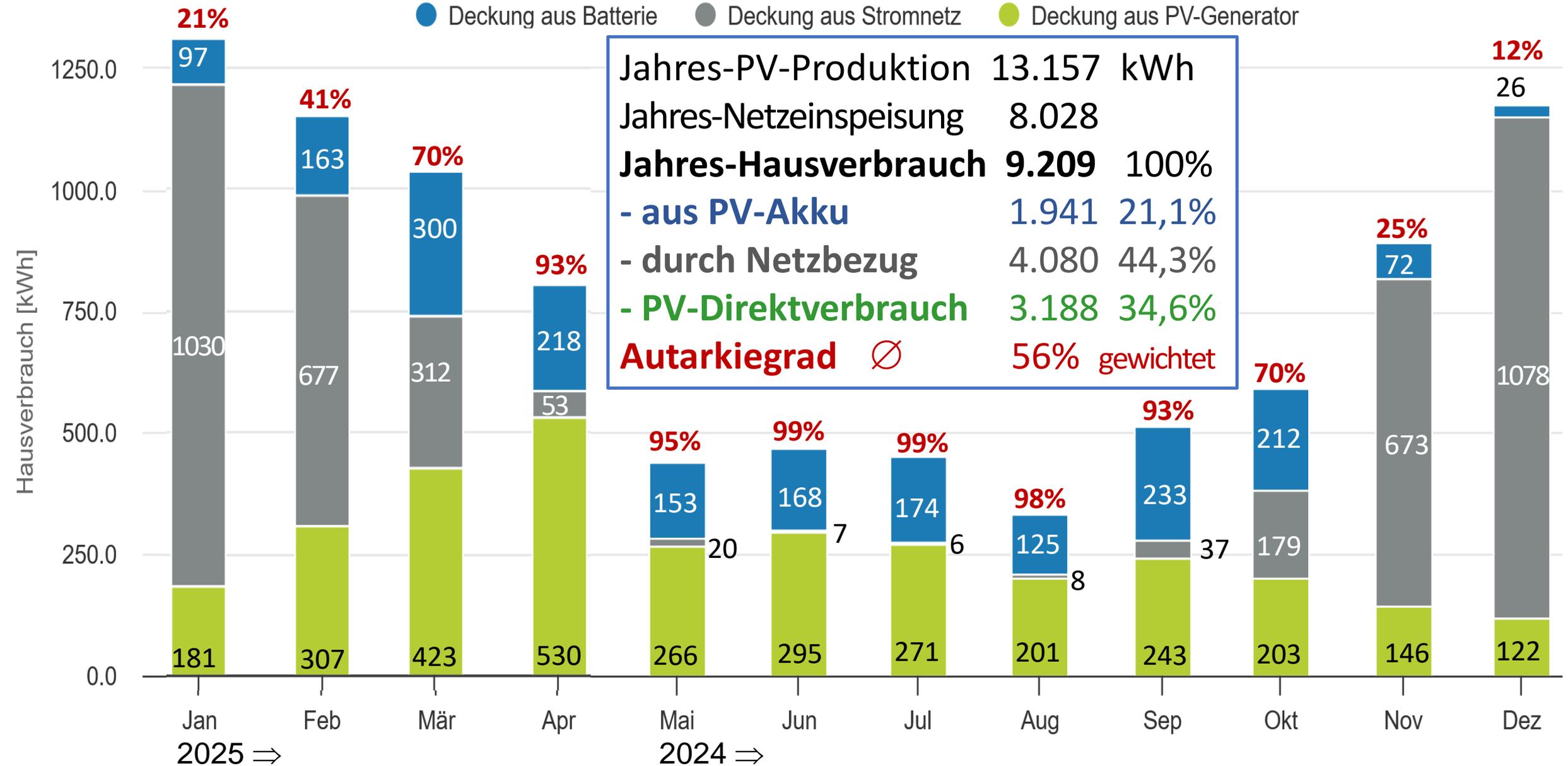
Gastherme Wärmepumpe

6 Monate vernachlässigbarer Netzbezug



# Jahres-Hausverbrauch Mai '24 – April '25 - inkl. E-Mobilität und E-Wärme (KLIMANEUTRAL):

● Deckung aus Batterie ● Deckung aus Stromnetz ● Deckung aus PV-Generator



# Hausverbrauch und Einspeisung 2024:

## Erkennbares Potential für mehr Eigenverbrauch durch BEV und Wärmepumpe!

● Batterieladung ● Batterieentladung ● Einspeisung ● Netzbezug ● Direktverbrauch — Hausverbrauch



2400.0

Status 2024: bereits ein klimaneutrales Plus-Energie-Haus?

Einspeisung 7.901 kWh orange überwiegt Netzbezug 2.414 kWh grau

Statement noch Mogelpackung: Hybrid-Auto verbrauchte Benzin, Haus verbrauchte Gas bis Ende April 2024!

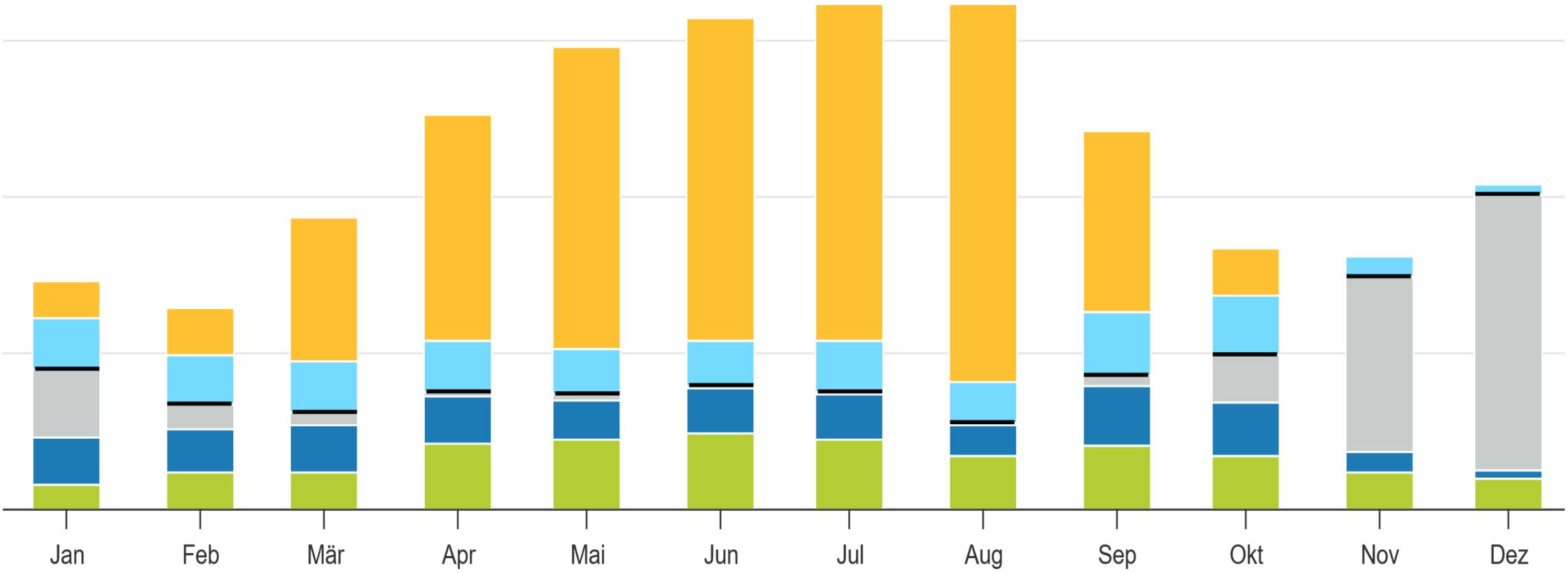
1800.0

1200.0

600.0

0.0

kWh

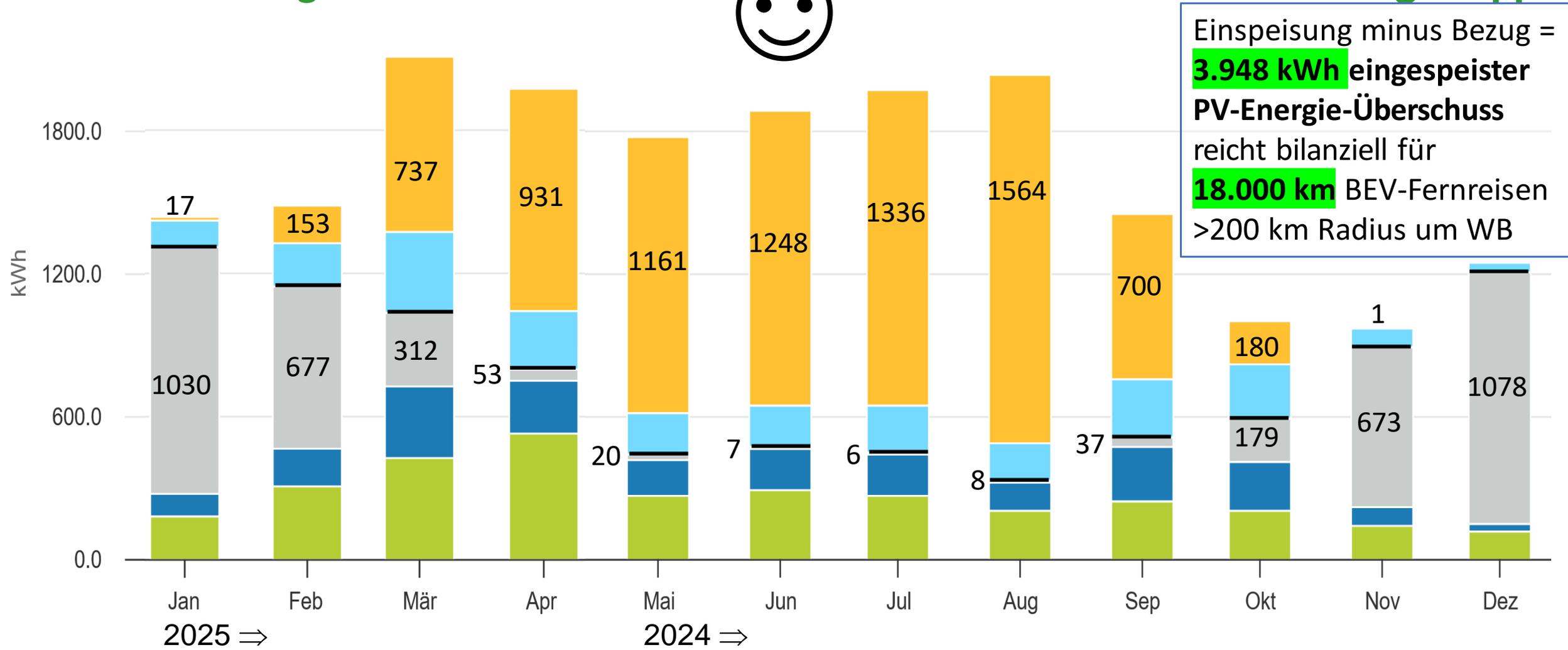


# Hausverbrauch, Netzbezug & Einspeisung Mai '24 – April '25: WP & BEV KLIMANEUTRAL

Einspeisung 8.028 kWh orange überwiegt Netzbezug 4.080 kWh grau

- Batterieladung
- Batterieentladung
- Einspeisung
- Netzbezug
- Direktverbrauch
- Hausverbrauch

Plus-Energie-Haus Status erreicht 😊 Verbrennen fossiler Kraftstoffe gestoppt



Einspeisung minus Bezug = **3.948 kWh** eingespeicherter PV-Energie-Überschuss reicht bilanziell für **18.000 km** BEV-Fernreisen >200 km Radius um WB

# Analyse: Jahresbilanz Mai '24 – April '25

**PV-Eigenstromerzeugung:** 13.157 kWh Jahresertrag

**Rahmenbedingungen:** 13,6 kWp PV-Generator (45° SSO), 10 kWp Hybridwechselrichter,  
**Status erreicht ↓** 12,8 kWh PV-Akku, PV-Wallbox, E-Auto (BEV), E-Heizung (Luft-Wasser WP)

**Plus-Energie-Haus:** es werden **3.948 kWh mehr Energie erzeugt und eingespeist als bezogen**

**Klimaneutralität:** Verbrauch fossiler Kraftstoffe gestoppt, ~10 Tonnen CO<sub>2</sub> p.a. eingespart

**Einspeisung** = Erzeugung – Verbrauch aus PV direkt + Akku = 13.157 – 5.129 = 8.028 kWh **ca. 8,0 MWh**

**Eigenverbrauch** = Stromverbrauch aus PV direkt + Akku = 3.188 + 1.941 = 5.129 kWh **ca. 5,1 MWh**

**Eigenverbrauchsanteil** = Stromverbrauch aus PV direkt + Akku / PV-Jahresertrag x 100 % = **39 %**

**Autarkiegrad** = Eigenverbrauchsanteil am Hausverbrauch = Verbrauch aus PV+Akku / Hausverbrauch x 100 % = **56 %**

**Netzabhängigkeit** = Netzbezug / Hausverbrauch = 4.080 / 9.209 x 100 % = **44 %**

Verhältnis der **Erzeugung** zum **Netzbezug** = 13.157/ 4.080 ~ **3,3** **Maß für Klimadienlichkeit**

Verhältnis der **Einspeisung** zum **Netzbezug** = 8.028 / 4.080 ~ **2,0** **Maß für negativen CO<sub>2</sub>-Footprint**

Verhältnis des **Eigenverbrauchs** zum **Netzbezug** = 5.129 / 4.080 ~ **1,3** **Maß für Wirtschaftlichkeit**

## Zusammenfassung

### **Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand**

- **Take Home Messages**
- **Beratungsangebot**

## Klares Fazit: Dream Team Wärmepumpe – Dach-PV im Bestand!

- Ein **PV-Dach** amortisiert sich durch hohen Eigenverbrauch garantiert in 10 Jahren.
- Eine **effiziente Wärmepumpe mit Wärmespeicher** ist über die Lebenszeit der Anlage garantiert preiswerter als eine neue fossile Heizung: **WP-Ready-Status bei HZ-Vorlauftemp.  $\leq 55^\circ\text{C}$**
- Ein **PHEV / BEV mit eigener Wallbox + PV-Dach** amortisiert sich auch ohne staatliche Förderung rasch.

**Problem:** Es gibt noch zuwenig kleine E-Autos (BEV) zum Neupreis von 15-30.000 Euro!

Die **synergetische Kopplung der drei Säulen PV+WP+BEV beschleunigt die Amortisation** drastisch. In halbwegs gut gedämmten Häusern (EFH + DHH) lässt sich u.U. mehr Energie im Jahresschnitt erzeugen als die Bewohner samt Elektromobilität verbrauchen (→ **Plus-Energie-Haus**).

**Problemzone:** Stadtvillen unter Denkmalschutz, Mehrfamilien-Miets(hoch)häuser ohne PV-Flächen, ohne Stellflächen für WP und WB und ohne nachhaltig-gerechtes Modell der finanziellen Beteiligung von Mietern und Eigentümern an diesen sinnvollen Maßnahmen der Energiewende!

Der **Immobilienwert** steigt u.U. um etwa den gleichen Betrag wie die Investition in die beiden Säulen **PV-Dach/PV-Akku** und **Wärmepumpe/Wärmespeicher/Wärmeabgabesystem**

**Problem:** „Preis ist das, was du bezahlst - Wert ist das, was du bekommst“ (Warren Buffett)

## Fazit Energieverbrauch – im ersten Jahreszyklus 5'24 – 4'25

Die Wirtschaftlichkeitsprognose basierte auf folgendem absoluten Wärmebedarf:

15.500 kWh Gas x 0,95 Gas-SCOP = **14.725 kWh Wärme** / JAZ 4,6 = **3.200 kWh WP-Strom**

**Fakt: WP lieferte im ersten Jahreszyklus mit 16.105 kWh mehr Wärme (!) als nötig, verbrauchte folglich mit 3.296 kWh mehr Strom**

**Analyse: Gründe & Maßnahmen:** **Wirkfaktor (SCOP) 16.105/3.296 = 4,89**

- Von Mai – September wurde infolge eines fehlerhaft schaltenden Dreiwegeventils nicht nur der WW-Speicher, sondern auch der HZ-Speicher beladen → 5 Monate **ungenutzte erhöhte Wärmeverluste im Sommerbetrieb**
- Von Oktober '24 bis Ende Februar '25 wurden viel zu lange ohne Nachjustierung die von Installateuren eingestellten **universellen Wärmepumpen-Standardparameter** verwendet, konkret:
  - eine **um 2°C zu hohe Heizschwellentemperatur** (15 statt 13°C → eine statistisch **um 30 Tage zu lange Heizphase** mit unnötigem Energieverbrauch und spürbarer Überheizung in Übergangszeiten.
  - eine **um 2°C zu hohe Heizkurve mit nicht optimaler Steigung** (Überheizung → zukünftig ca. 6% Stromeinsparung)
  - zu **niedrige Strömungsgeschwindigkeit im Heizkreis**: Erhöhung des Volumenstroms von 0,6 m<sup>3</sup>/h auf 1,1 m<sup>3</sup>/h seit 1. März erlaubte eine weitere Absenkung der Heizkurve um 2°C (→ zukünftig weitere ca. 5% Energieeinsparung).
  - eine zunächst **falsch eingestellte HZ-Ladehysterese** führte 6 Wochen lang ausgerechnet bei -3 bis -12°C AT zu einem energetisch unvorteilhaften Taktverhalten statt „taktlosem Verhalten“ der WP im angestrebten Dauerlauf.

## Fazit Energieeffizienz – im ersten Jahreszyklus 5'24 – 4'25

SCOP des **Wärmeerzeugers im Heizbetrieb** (VL max. 48°C) **88% Stromanteil:** **SCOP-HZ = 4,92**

SCOP **Warmwasserbereitung** (max. VL 53°C) **12% Stromanteil:** **SCOP-WW = 4,62**

**SCOP der Monoblock-Verdichteranlage - gewichtet gemittelt:** **SCOP-HZ+WW = 4,89**

**JAZ wurde ermittelt durch unabhängige Kontrollmessung** des Stromverbrauchs der Gesamtanlage über einen Shelly 3-Phasen-Stromzähler für alle Komponenten inkl. **WP-Steuerungsrechner (18 W Standby = 158 kWh/a)**, Lade- und Heizkreispumpe, Kompensation für Schichtungs- & Strömungsverluste, Energie- & Exergieverluste.

**Gesamtanlagen-Effizienz = Jahresarbeitszahl** der ersten Heizsaison **24/25**

**kWh Wärme geliefert 16.105 / 3.610 kWh Strom insgesamt benötigt → JAZ-48 = 4,46 (24/25)**

**Angestrebt: zweite Heizsaison optimiert ~15.000 / 2.950 = JAZ-45 = 5,08 (25/26)**

## Analyse: Gründe & Maßnahmen:

- Die Senkung der VL-Temperatur bei HZ von 48 auf max. 45°C und bei WW von 52 auf max. 45°C ist ohne Komfortverlust machbar → erwartbare Effizienzsteigerung von ca. 7-9 % in nächster Heizperiode.
- Kundenwunsch an Lambda: Taste für einmalige Speicherüberladung um + 5°C (ca. 30 Minuten vor 200 L Vollbad)
- Die automatische Überhitzung des WW- und HZ-Speichers um 5°C bei PV-Strom-Überangebot steigerte zwar die wirtschaftliche Effizienz, sie kann aber zu Lasten der o.g. physikalischen Effizienz gehen.

## Fazit wirtschaftliche Effizienz – im ersten Jahreszyklus 5'24 – 4'25

- Durch Kopplung der **13.157 kWh PV-Stromerzeugung** mit einem **Eigenverbrauchsanteil von 39 %** wurde ein durchschnittlicher **Autarkiegrad von 56%** bzw. eine **Netzabhängigkeit von 44 %** erzielt.
- Eigenverbrauch ist weiter ausbaubar: Ab Eintritt in den Ruhestand hängt das E-Auto (BEV) bereits mittags um 12 Uhr  $\pm$  2 Stunden an der eigenen Wallbox: **Ladevorteil in Übergangszeiten**
  - Weiterer Game Changer: Die Stadtwerke kämen ihrer gesetzlichen Pflicht nach, das beantragte **intelligente Messsystem iMSys** zu installieren - zwecks netzdienlicher Verschiebung des Winterstrombedarfes in die Zeiten niedriger Tag/ Nachtstromtarife.

## Fazit Kostenbilanz jenseits der Investition – im ersten Jahreszyklus 5'24 – 4'25

$$\begin{aligned} \text{Jahresstromkosten für WP} &= \text{Grundtarif} + \sum [\text{WP-Verbrauch p.M.} \times \text{WP-Tarif} \times (1 - \text{Autarkiegrad p.M.})] \\ &= 111 \text{ €} + [(865 \text{ kWh} \times 0,271 \text{ €/kWh} \times \mathbf{0,79 \text{ Jan.}}) + (759 \text{ kWh} \times 0,271 \text{ €/kWh} \times \mathbf{0,59 \text{ Feb.}}) + \dots] \\ &= \text{Wärmestromzähler } 111 \text{ €} + [185+121+40+4+1+0+0+0+2+18+105+172] \text{ €} = 111 + 648 = \mathbf{759 \text{ € pro Jahr}} \end{aligned}$$

**Ohne PV-Dach und ohne Wahl des Wärmestromtarifs** läge die Jahresrechnung für den Netzstrombezug der Hocheffizienz-Wärmepumpe um etwa den Faktor 2 höher: **1.499 € pro Jahr**.

**Fazit CO<sub>2</sub>- & Umwelt-Bilanz** – im Jahreszyklus ca. 10 Tonnen CO<sub>2</sub> Emissionen verhindert

20.000 km/Jahr BEV (19 kWh/100 km) statt Benziner (8 L/100 km) **spart 3,8 Tonnen CO<sub>2</sub>**  
 15.500 kWh Erdgas/Jahr reserviert für Nützlicheres als Verbrennen **spart 3,8 Tonnen CO<sub>2</sub>**



Die ausreichend gewählte **Größe des PV-Daches** garantiert den Status **Plus-Energie-Haus** und eine **positive Energiebilanz**: Überschuss 3.948 kWh (PV-Einspeisung – Netzbezug inkl. E-Mobil & E-Wärme)

Diese **überschüssige, eingespeiste EE-Produktion von 3.948 kWh...**

- verhindert weitere **1,8 ... 3,8 Tonnen CO<sub>2</sub>** aus fossilen **GuD ... Kohle Reserve-Kraftwerken** - je nach Technik.
- garantiert bilanziell **weitere 18.000 km klimaneutrale, flotte E-Mobilität mit 22 kWh/100 km auf Fernreisen** außerhalb des 200 km Radius' der Wallbox.

**Dach-PV-Anlagen sind umweltfreundlich, da wärmeneutral**: Ein PV-Dach erzeugt bei Bestrahlung mit Sonne nicht mehr Wärme als ein nicht mit PV-Modulen belegtes Dach - die Energieentnahme kompensiert  $\Delta$  Albedo.

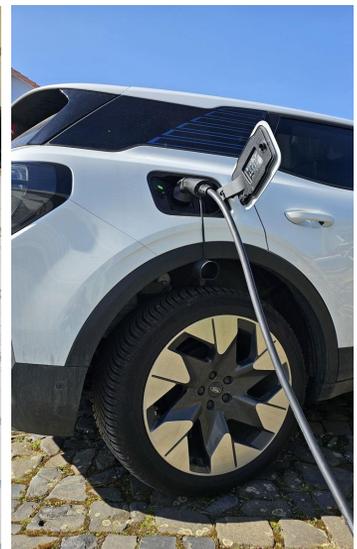
**Ein PV-Solarpark ist eine Wärmeinsel - nicht wärmeneutral**: Er erzeugt im Gegensatz zum unberührten Feld etwa so viel Wärme (neben Strom), wie wenn die gleiche **Naturfläche betoniert / asphaltiert** würde!



# Boost der Wirtschaftlichkeit durch Nutzung energetischer Synergien der privaten Sektorkopplung



Stromverteiler



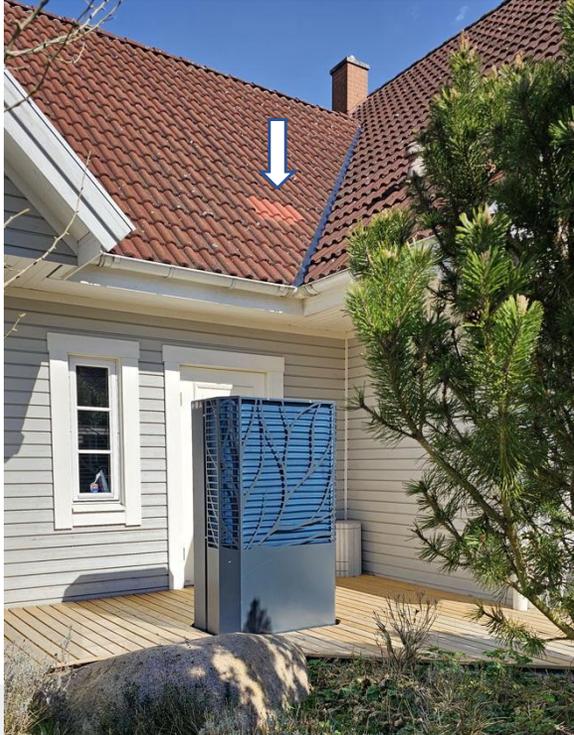
Stromverbraucher



Stromwandler



iMSys inkl. digitalem Smart Meter Gateway



Wärmeerzeuger



Wärmespeicher

Stromspeicher



Zentrale Lüftung



Wärmeverteiler



## Beratungsangebot der **TransMIT GmbH**, Gesellschaft für Technologietransfer

Dieses Seminar mag vielleicht ein Appetitmacher für Ihr neues Hobby sein, Motto:  
**„Spende mehr Energie als Du verbrauchst: Ratschläge für eine Lebensführung auf der Sonnenseite des Lebens!“**

Sollten Sie eine **individuelle Beratung und Bewertung** unterschiedlicher eigens eingeholter Angebote der energetischen Haussanierung wünschen, so bietet Prof. Sundermeyer eine Dienstleistung über die **TransMIT GmbH, Gießen**, an. Die Aufwandsentschädigung entspricht 58 Euro pro Stunde Vor-Ort-Zeitaufwand zzgl. 19% Umsatzsteuer (brutto 69.-). Vor Auftragserteilung wird ein Stundenkontingent und Leistungsumfang vereinbart. Nach einem oder mehreren persönlichen Beratungsterminen werden die vereinbarten Stunden durch die TransMIT GmbH in Rechnung gestellt, bei der der Universitätsprofessor im Ruhestand, Naturwissenschaftler, Thermodynamiker und erfahrener Anlagenbetreiber angestellt ist als

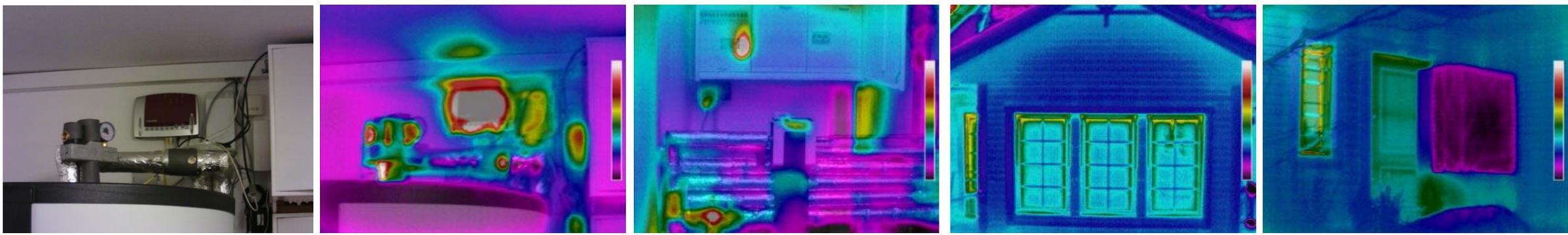
**Technologie-Investment-Lotse, Energie-Effizienz-Berater, Controller**



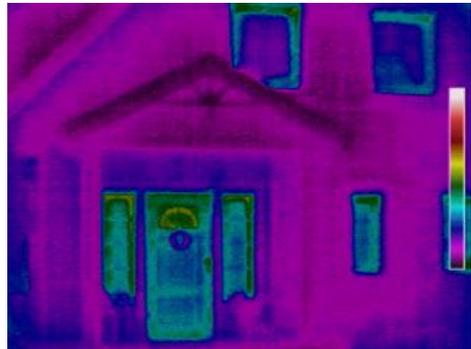
[sundermeyer@transmit.de](mailto:sundermeyer@transmit.de)

# Dienstleistungen Sundermeyer, TransMIT GmbH, rund um Energiefragen:

1) **Thermographie: Wärmebild-Kameraaufnahmen**, Analyse und Dokumentation energetischer Schwachstellen Ihres Hauses, Ihres Heizungs-Wärmespeichers inkl. Hydraulik, Ihrer Heizkörper und Fenster, der ins Alter gekommenen PV-Module und Ihres Lithiumionen-PV-Akkus, der bei Verschleiß lokal überhitzen und in seltenen Thermal-Run-Away-Fällen explodieren kann mit einer Profikamera.



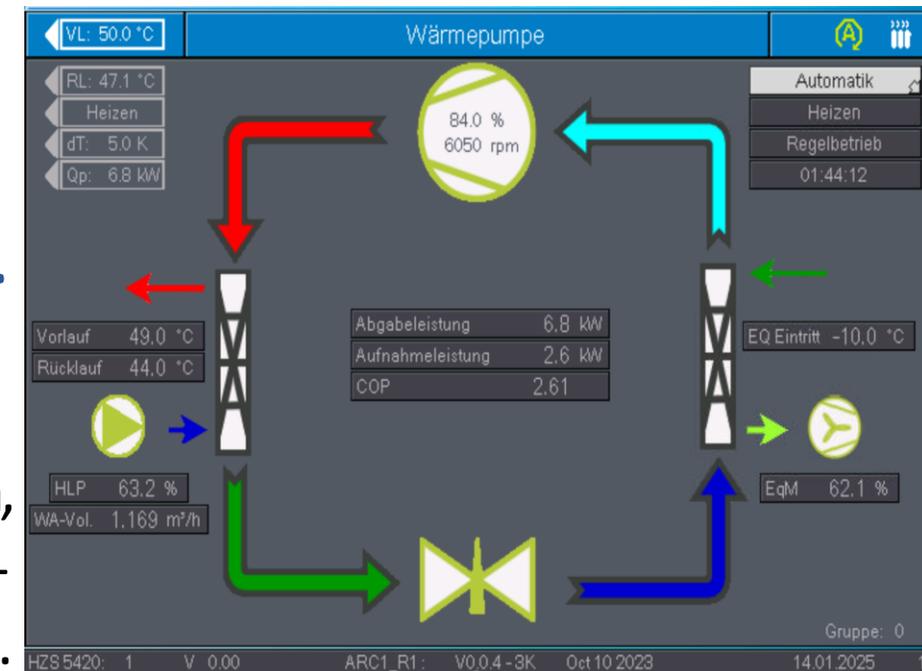
2) **Beratung zur technischen Vielfalt der energetischen Effizienzsteigerung mit individ. Wirtschaftlichkeitsrechnung (Amortisation)**: Welche Technologie passt zu Ihren Bedürfnissen und zur geplanten Investitionssumme? Das Angebot ersetzt keine Heizlastberechnung hauptberuflicher, amtlich geprüfter Energieberater.



## Dienstleistungen Sundermeyer, TransMIT GmbH, rund um Energiefragen:

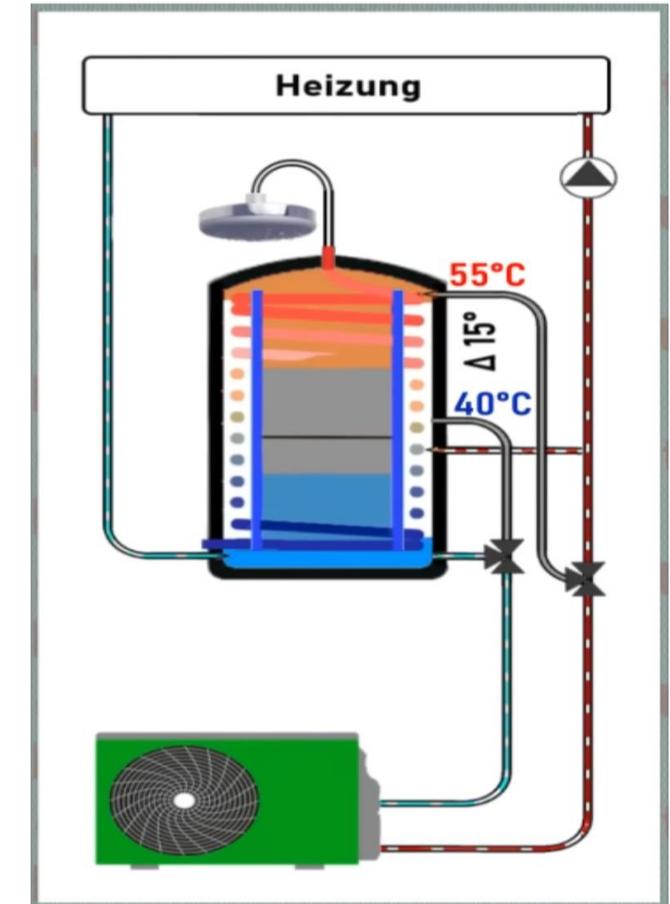
3) Eine **zweite Meinung - verkaufsunabhängig und provisionsbefreit** - zu den von Kunden selbst eingeholten Angeboten des Fachhandwerks (Heizung, Speicher, PV, Wallbox) mit persönlicher Einordnung in die Kategorien „tendenziell... seriös und empfehlenswert, unvollständig, überteuert, unwirtschaftlich, gutes Preis-Leistungsverhältnis, innovativ, technologisch nicht State-of-the-Art, beste Amortisationsrate, zugreifen, evtl. alternatives Angebot einholen...“ .

4) Bewertung der **Einstellung der etwa ein Dutzend Parameter Ihrer Wärmepumpe, des Warmwasserspeichers inkl. Heizkörpern, der PV-Anlage und Wallbox im Hinblick auf eine Effizienzsteigerung und Stromersparnis von nicht selten >20%**. Ein **kritischer unabhängiger Blick** wirkt manchmal Wunder.  
Anmerkung: Das Verstellen der WP-Parameter bleibt den dazu berechtigten verantwortlichen Heizungsinstallateuren vorbehalten, die gegebenenfalls bei allem Respekt höflich an ihre Verantwortung für eine energetisch vorteilhafte Justierung erinnert werden.



## Dienstleistungen Sundermeyer, TransMIT GmbH, rund um Energiefragen:

- 5) **Bewertung der Energieverluste durch ein unvorteilhaftes hydraulisches Schema:** Check von Hydraulischem Abgleich, Heizkörpern, Pufferspeicher, Hydraulischer Weiche, Teilentkopplung der Volumenströme für Speicher und Heizkreislauf, Direkteinspeisung, Thermosiphon, Warmwasser-Zirkulation, Speicher-externe oder Speicher-interne Frischwasser-Station, Maßnahmen zur Absenkung der Vorlauf-Temperatur u.v.m.
- 6) **Planung und Controlling: Effizienzoptimierte Heizkörper- & Wärmepumpen-Auslegung** durch eine **gemeinsame Winter-Auswertung** der VL-Temperatur im noch fossil geheizten Haus.



Quelle der Skizze: © [www.youtube.com/@bonotos](http://www.youtube.com/@bonotos)

- 7) **Beratung zum preisgünstigen, energieeffizienten und emissionsarmen Betrieb von Scheitholz-Feuerungsöfen.** Vermittlung spezieller Inhalte des Nachhaltigkeits-Lehrgangs zur Erlangung des Ofenführerscheins der Ofenakademie ([www.ofenakademie.de](http://www.ofenakademie.de)). Holz-Restfeuchtebestimmung.

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit**

**Kontakt:** [sundermeyer@transmit.de](mailto:sundermeyer@transmit.de)

## **Hinweise:**

Die Daten-Auswertung und Ausarbeitung dieses Seminars hat ca. 300 Stunden Zeit im selbst auferlegten Ehrenamt in der **AG Nachhaltige Energieversorgung (AGNE) Marburg-Michelbach** beansprucht. Auch wenn möglicherweise Verkaufsvertreter von genannten Produkten heute anwesend sein sollten, so lege ich Wert auf die Feststellung, dass **kein Interessenskonflikt** besteht: Ich wurde und werde nicht bezahlt für meine **unabhängige Analyse**, diese Veranstaltung wurde nicht gesponsort.

**Die Folien sind frei zugänglich als pdf herunterladbar unter Google: „Sundermeyer Lehre“:**  
[www.uni-marburg.de/de/fb15/arbeitsgruppen/anorganische\\_chemie/ag-sundermeyer/lehre/populaerwissenschaftliche-seminare](http://www.uni-marburg.de/de/fb15/arbeitsgruppen/anorganische_chemie/ag-sundermeyer/lehre/populaerwissenschaftliche-seminare)