

## **Wärmepumpen im Gebäudebestand**

Wie sinnvoll ist der nachträgliche Einbau?

Prof. Dr. Harald Krause / Prof. Uli Spindler  
Technische Hochschule Rosenheim  
Studiengang Energie und Gebäudetechnologie

**Rosenheimer Energiedialoge 2025**

29. Januar 2025, TH Rosenheim

# ZUKUNFT MACHEN. JETZT.

STUDIENGANG **EGT**  
ENERGIE- UND GEBÄUDETECHNOLOGIE

Dringend gesucht:  
Die Energiewende braucht unbedingt  
Ingenieurinnen/Ingenieure und Fachhandwerkerinnen/Fachhandwerker



## Bachelorstudiengang Energie- und Gebäudetechnologie



Abschluss  
Bachelor of Engineering



Dauer  
7 Semester



Zulassungsbeschränkung  
Zulassungsfrei



Studienmodell  
Vollzeit



ECTS-Punkte  
210



Studienort  
Campus Rosenheim



Sprache  
Deutsch



Studienbeginn  
Wintersemester



Bewerbungszeitraum  
01.05. - 15.07.



Vorpraxis  
10 Wochen



Auslandserfahrung  
Praktikum im  
Ausland



Kosten  
Nur Studenten-  
werksbeitrag

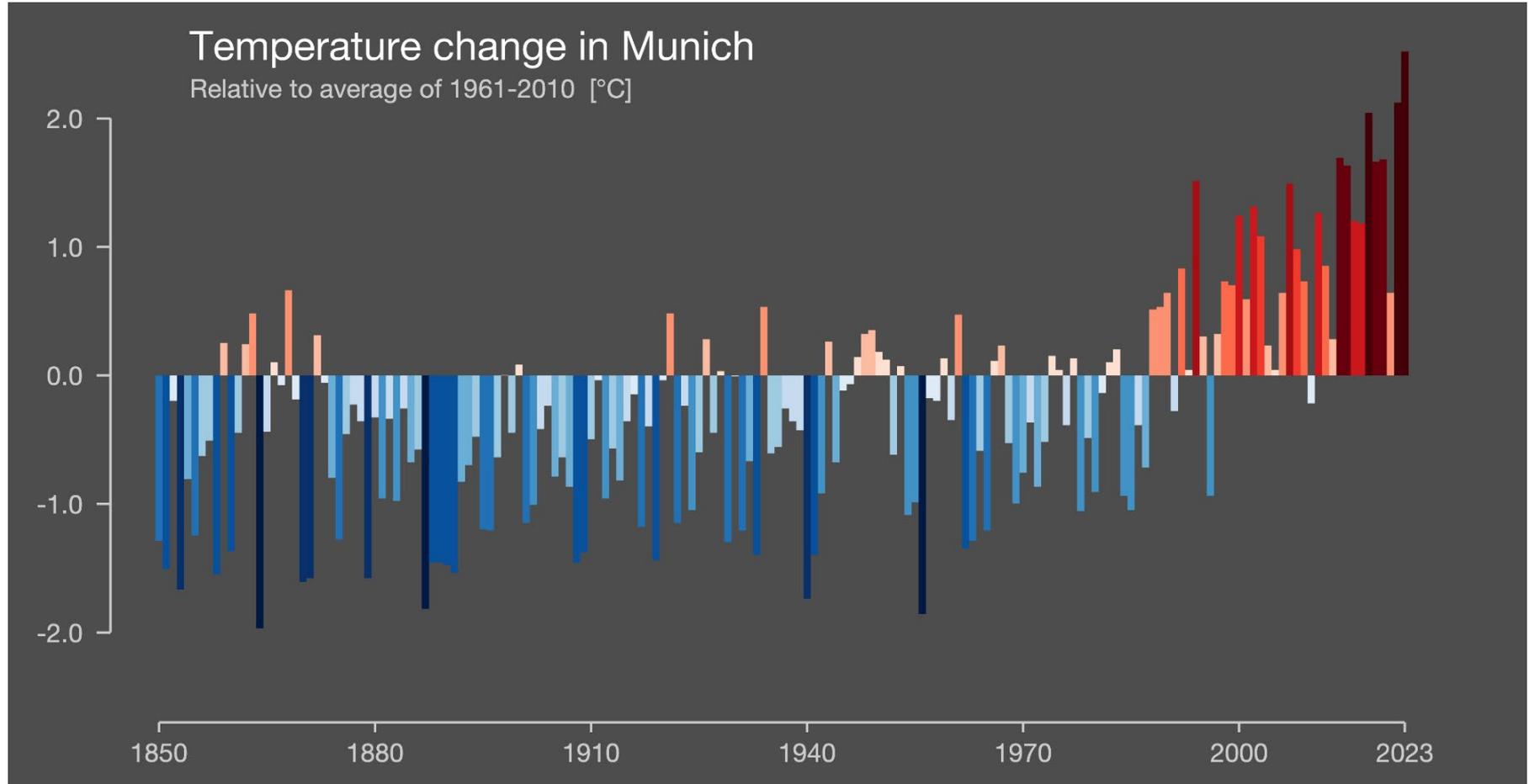


# **Wärmepumpen?**

## **Wir müssen vorher noch kurz übers Klima reden!**

# 1,5 Grad?

In Bayern ist die Klimaerwärmung schon bei ca. 2,5 Grad!



**Im Weltall herrscht Vakuum → die Erde kann nur über Strahlung Wärme austauschen**

- Sonneneinstrahlung = Wärmeabstrahlung (IR) der Erde → Temperatur konstant
- Die Wärmeabstrahlung der Erde steigt mit der Erdtemperatur

**Treibhausgase wirken wie die Scheiben eines Glashauses**

→ weniger IR-Strahlung kommt durch

→ Temperatur der Erde steigt bis das Strahlungsgleichgewicht wieder stimmt

→ Mehr Treibhausgas in der Luft = höhere Erdtemperatur

→ Natürlich vorhandene Treibhausgase „sind wie Einfachverglasung“

→ Steigende Treibhausgaskonzentrationen wirken wie eine Mehrfachverglasung

**Problem: das Glashaus Erde hat keine Fenster zum Aufmachen, es gibt nicht mal Steine!**

**→ CO<sub>2</sub> aus fossilen Brennstoffen bleibt in der Atmosphäre**

- CO<sub>2</sub>-Ausstoß summiert sich immer weiter auf
- Mit jeder Tonne CO<sub>2</sub>-Emission erhöht sich die Konzentration und damit die Erdtemperatur

**→ Es verbleibt ein bestimmtes CO<sub>2</sub>-Budget für das Erreichen von maximalen Erwärmungszielen**

- Ca. 200 Gt für 1,5°C gegenüber der vorindustriellen Zeit
- Ca. 950 Gt für 2°C
- Ausstoß weltweit derzeit jährlich ca. 42 Gt

**„Bis zum Jahr 2045 werden die Treibhausgasemissionen so weit gemindert, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Nach dem Jahr 2050 sollen negative Treibhausgasemissionen erreicht werden.“**

**Beschlossen von der Großen Koalition aus CDU/CSU/SPD**

# Welche prinzipiellen Möglichkeiten gibt es zur Dekarbonisierung der Heizung?



## CO<sub>2</sub>-freie Wärmeerzeugung

- „erneuerbarer“ Strom
  - Wärmepumpe
  - Stromdirektheizung
  - grüner H<sub>2</sub> → Heizkessel oder Brennstoffzelle
  - grüne E-Fuels → Heizkessel (oder Brennstoffzelle)
- Holz → nur bei nachhaltiger Bewirtschaftung
- Biogas/-methan → bisher sehr hoher Treibstoffaufwand für Anbau
- Solarthermie → Langzeitspeicherung nötig

## Und Fernwärme?

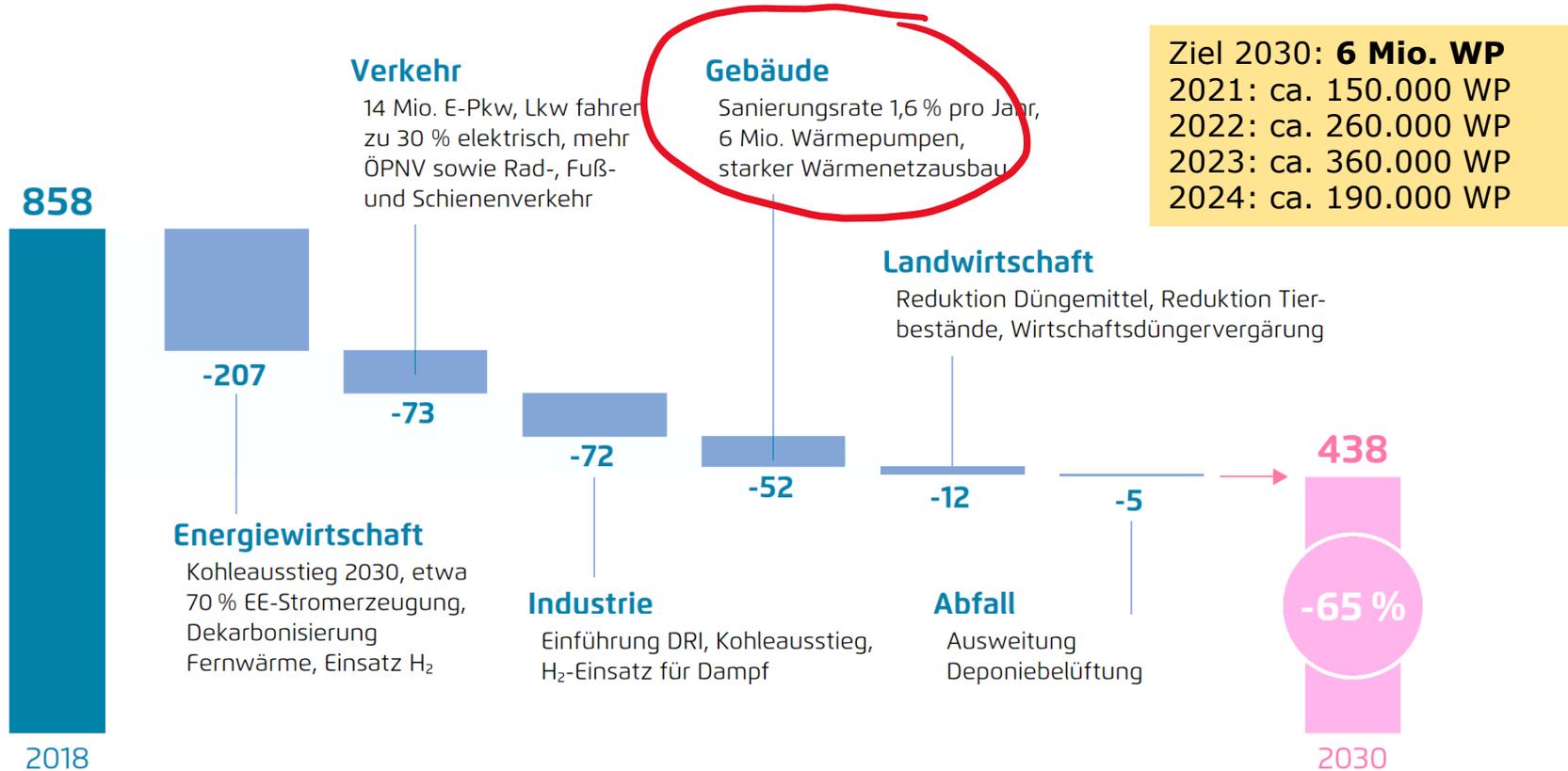
- Benötigt auch eine CO<sub>2</sub>-freie Wärmeerzeugung

# Klimaneutrales Deutschland 2045 - Was ist bis 2030 nötig?

## Bericht Agora Energiewende 2021



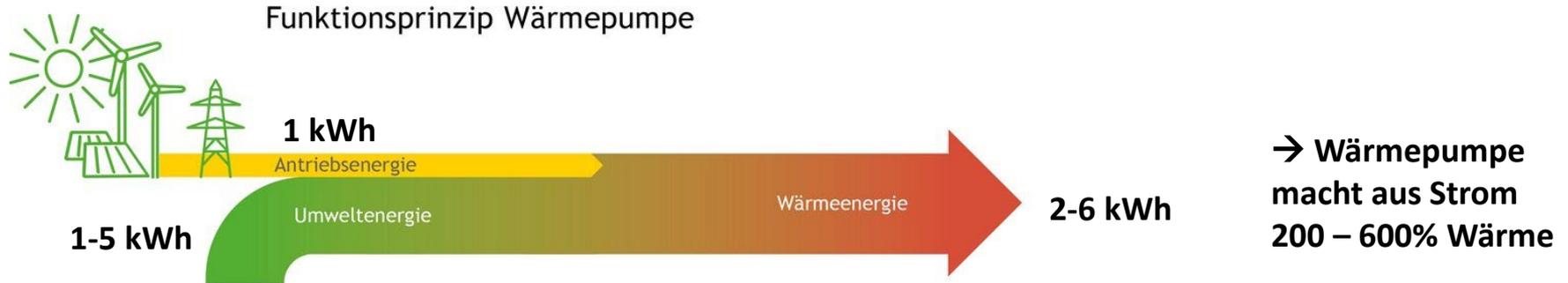
Treibhausgas-Emissionen in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq.



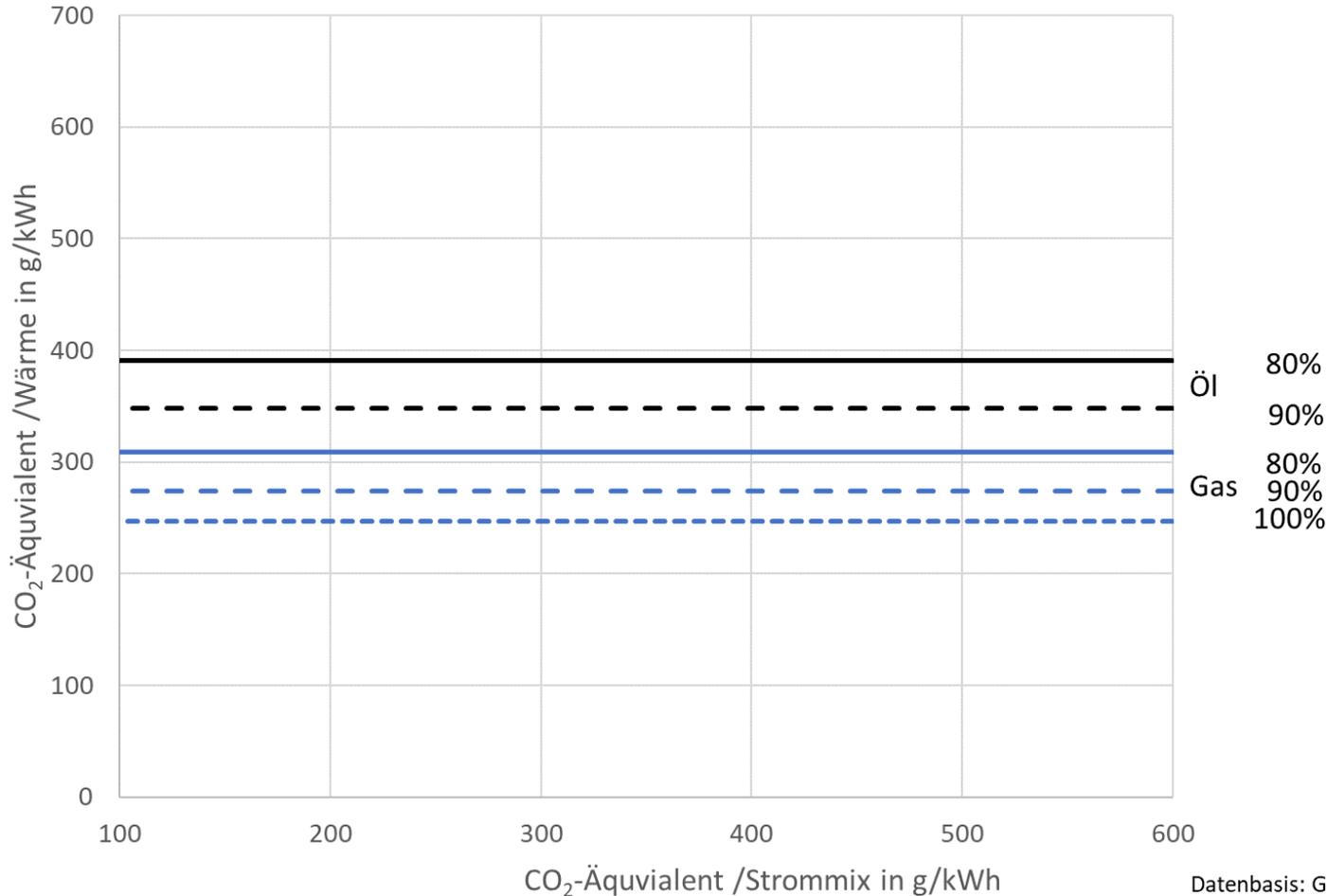
Ziel 2030: **6 Mio. WP**  
 2021: ca. 150.000 WP  
 2022: ca. 260.000 WP  
 2023: ca. 360.000 WP  
 2024: ca. 190.000 WP

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021):  
 Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann - Langfassung im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende und Agora Verkehrswende

# Warum sind Wärmepumpen fürs Klima so wichtig?

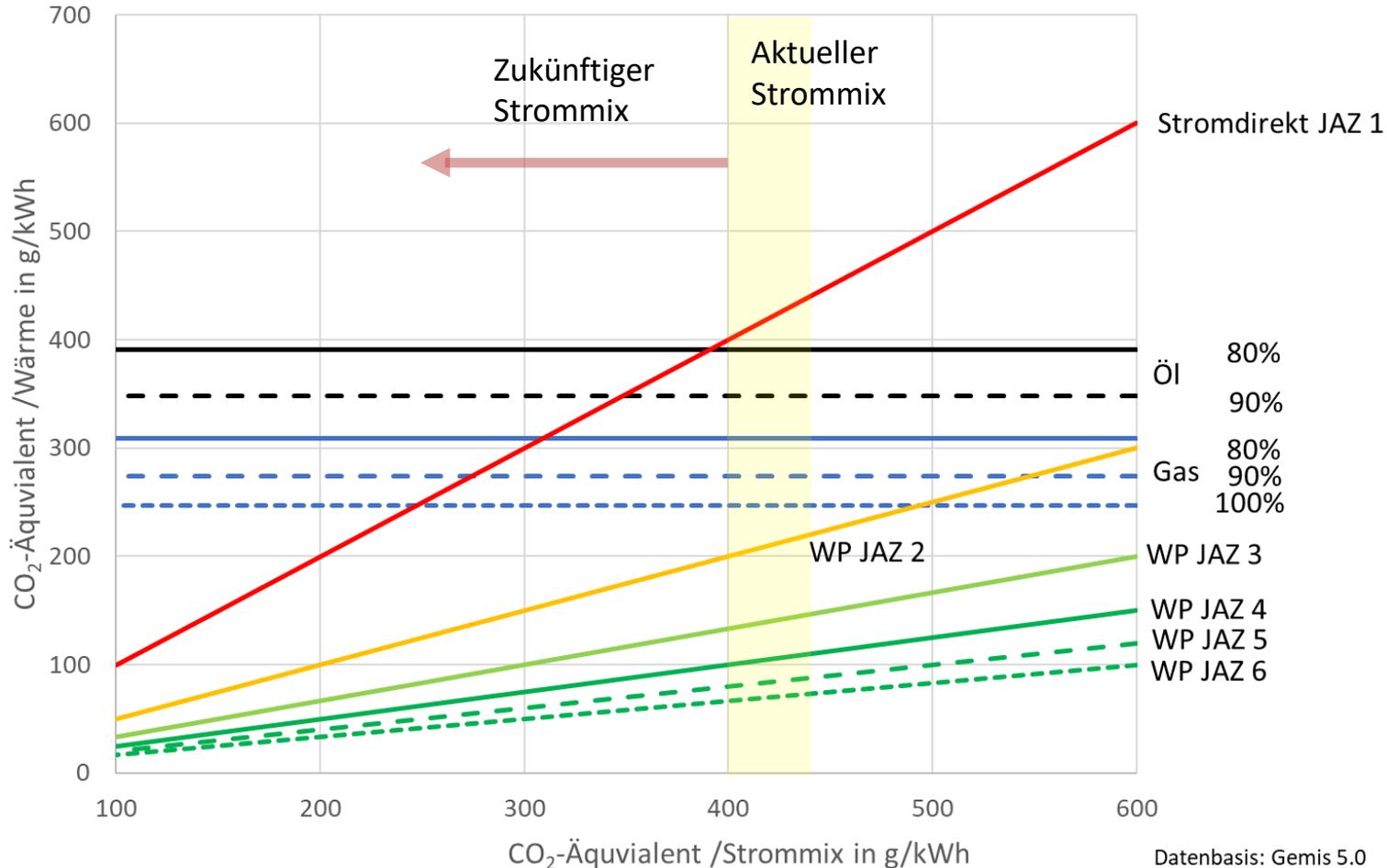


# CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Heizungen



Datenbasis: Gemis 5.0

# CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Heizungen



## Beispiel

EFH  
3500 l Öl/a  
**11,1 t CO<sub>2</sub>äq. /a**

Austausch  
mit WP JAZ 2  
**5,6 t CO<sub>2</sub>äq. /a**  
**- 50%**

Austausch  
mit WP JAZ 4  
**2,8 t CO<sub>2</sub>äq. /a**  
**- 75%**

Datenbasis: Gemis 5.0



Hubert Aiwanger · 2.

Politik mit gesundem Menschenverstand  
11 Monate · 

+ Folgen

An alle Grünen u Befürworter des weltfremden Heizungsgesetzes: hier sind 20 Ster Brennholz. 1 Ster ersetzt 120 Liter Heizöl bzw über 100 m<sup>3</sup> Erdgas. Also 2000 L Öl/2000m<sup>3</sup> Gas. Meint Ihr wirklich, dass es besser ist,dieses Holz verfaulen zu lassen?Ich nicht. #Aiwanger #FREIEWÄHLER



## Fakten Check

- Die Beheizung von 1000 unsanierten Bestands-EFH benötigt
  - mit nachhaltigen Holzheizungen etwa 1.250 ha Wald
  - mit Wärmepumpenheizungen ca. 1 Windrad (1-2 ha)
  - mit grünem H<sub>2</sub> ca. 4 – 5 Windräder (2-8 ha)
- Nettoholzzuwachs BRD 2021: 100 Mill. m<sup>3</sup>  
Holzentnahme 2021: 99 Mill. m<sup>3</sup>  
Unwiederbringliche Verluste 2021: 7 Mill. m<sup>3</sup>  
(Quelle: Waldgesamtrechnung 2014-2021, DESTATIS, Statist. Bundesamt)
- 1 Windrad genügt für die Beheizung von ca. **4000 sanierten** EFH mit Wärmepumpen

# Aber die Wärmepumpe funktioniert im Bestand doch nicht!

Es gibt nichts, was sich länger hält als ein schlechter Ruf



## Früher konnten Luftwärmepumpen

- meist nur maximal 55°C Vorlauftemperatur
    - Warmwasserbereitung durch falsche Einstellungen oft nur mit Heizstabbetrieb
    - Zu hoch eingestellte Temperaturen können Heizstabeinsatz auch im Heizbetrieb erhöhen
  - manche nur bis -10°C Außentemperatur betrieben werden
    - reiner Heizstabbetrieb an kalten Tagen
  - nicht modulieren und hatten schlechte COPs
- **Schlechte Effizienz und hohe Stromkosten**

## Neue Luftwärmepumpen schaffen

- Maximaltemperaturen von über 60°C, mit Propan als Kältemittel sogar problemlos 70°C
  - typischerweise minimale Außentemperaturen bis -20°C, viele noch tiefer
  - einen Modulationsbereich von ca. 1:5
    - ‚Quasi‘ monovalente Auslegung
    - Kaum Heizstabbetrieb
  - COPs im Bereich der Erdwärmepumpen
- **Gute Effizienz und geringere Heizkosten als bei Gas und Öl**

**ALLE Werte geben an, wieviel Wärme pro Stromeinsatz erzeugt wird**

## **COP – Coefficient of Performance**

- Messung (Labor) bei bestimmten Temperaturpunkten (A=Luft, B=Sole, W=Wasser)

## **SCOP – Seasonal COP**

- Vorgegebene Berechnung des mittleren Jahres-COP aus gewichteten COP-Werte für EU-Energielabel
- Angabe für unterschiedliche Klimazonen und Heizungstemperaturen
- Guter Anhaltspunkt für Vergleich von Wärmepumpen (ähnlich Normverbrauch bei Autos)

## **JAZ – Jahresarbeitszahl / SPF – Seasonal Performance Faktor**

- Von der Wärmepumpe erzeugte Wärme / verbrauchten Strom pro Jahr
- Relevante Zahl für den Hausbesitzer

## **EER und SEER – Energie Efficiency Ratio**

- Wie COP aber für Kühlung

**Achtung für alle gilt:  
Vergleiche nur bei gleichen  
Temperaturen**

# Typisches Datenblatt einer Wärmepumpe



Leistung und Effizienz Heizen		EU08L
Energieeffizienzklasse bei Niedertemperatur (mittleres Klima)		A+++ 226% SCOP 5,66
Energieeffizienzklasse bei Mitteltemperatur (mittleres Klima)		A+++ 179% SCOP 4,48
Heizleistung variabel A7W35	kW	2,2 – 10,9
Heizleistung variabel A2W35	kW	2,0 – 10,3
Heizleistung variabel A-7W35	kW	2,1 – 8,4
Heizleistung variabel A-7W55	kW	2,1 – 8,1

Deutschland = mittleres Klima

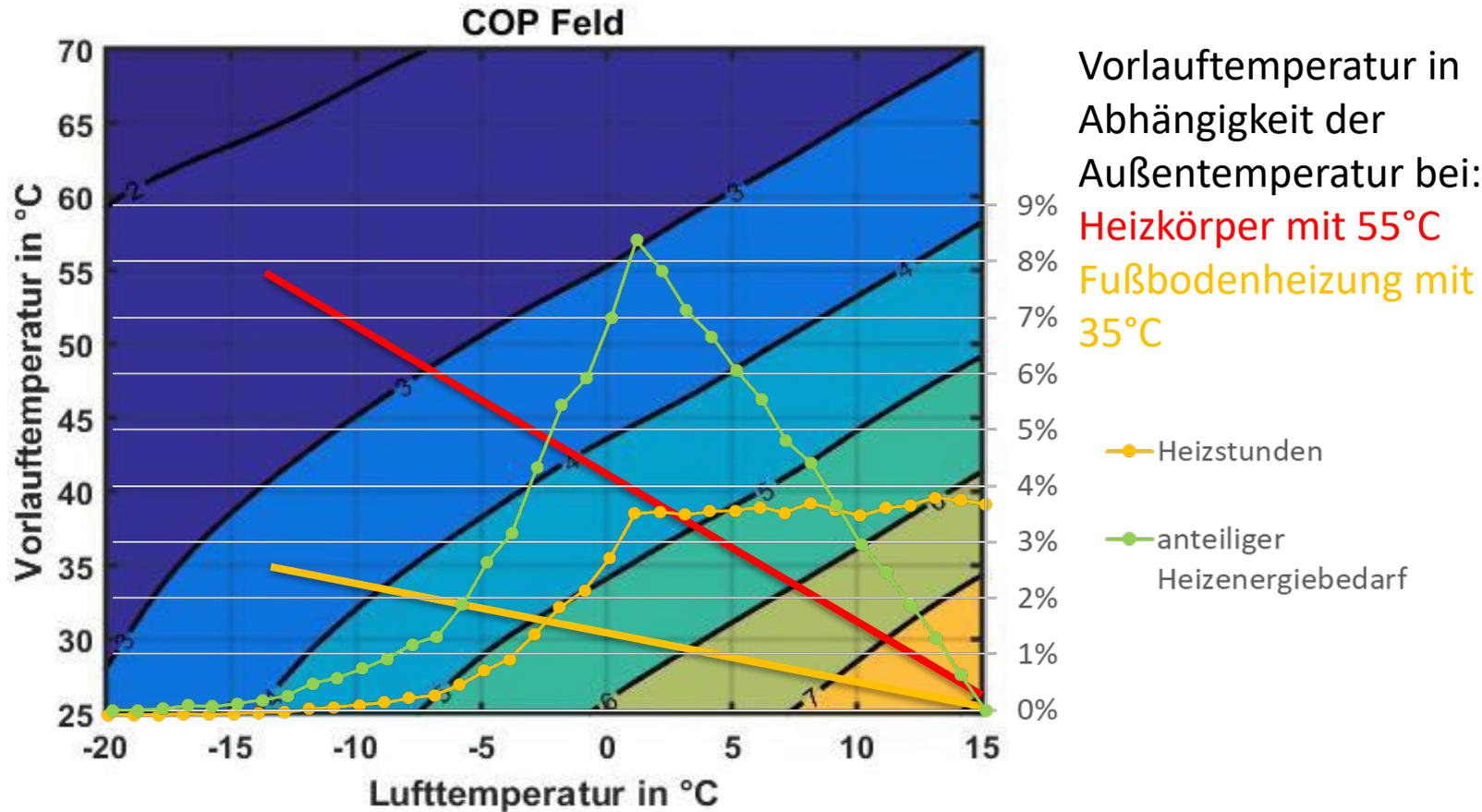
Niedertemperatur = 35°C (FBH)

Mitteltemperatur = 55°C (Heizkörper)

		EU08L	
EN14511		Leistung [kW]	COP
Heizbetrieb	A7W35	4,1	5,77
	A2W35	8,2	5,19
	A-7W35	8,4	3,79
	A-15W35	6,7	3,02
	A7W45	4,6	4,46
	A7W55	4,4	3,55
	A-7W55	8,1	2,55

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

# COP in Abhängigkeit von Luft- und Heizungsvorlauftemperatur



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

## Wichtigstes Merkmal → Temperatur der Wärmequelle

- Luft besser als erwartet → Energiegewichteter Mittelwert (Feldtest ISE)  $2,2^{\circ}\text{C} - 7,1^{\circ}\text{C}$  ( $\emptyset 5^{\circ}\text{C}$ )
- Sole →  $3,3^{\circ}\text{C} - 9,4^{\circ}\text{C}$  ( $\emptyset 4,9^{\circ}\text{C}$ )

## Die bisher gemessenen JAZ-Unterschiede (ca. 3 bei Luft-WP und ca. 4 bei Erdreich-WP) müssen andere Ursachen haben

- Schlechte Wärmeübertragungseigenschaften bei Luft
- Zusätzlicher Energiebedarf für Abtauung
- Kostengünstige Auslegung des Verdampfers und Ventilators führten zu niedrigeren Effizienzen
- 2020 neuer Hersteller einer Luft-WP mit SCOP 5,7 (FBH  $35^{\circ}\text{C}$ ) und 4,5 (Heizkörper  $55^{\circ}\text{C}$ )

## Rentieren Sole-WP dann noch?

- Langfristig ja, da LWP teurer sind als SWP und Erdwärmeanlagen sehr lange Lebensdauer haben
- Besser fürs Stromnetz, da Spitzenlast an kalten Tagen geringer ist

## Grundwasser-WP sind im EFH teurer und ineffizienter als Sole-WP

- Interessant vor allem bei größeren Gebäuden (Kosten für Brunnenanlage steigt weniger mit Leistung)

## Wichtigstes Merkmal → Temperatur der Wärmequelle

- Luft besser als erwartet → Energiegewichteter Mittelwert (Feldtest ISE)  $2,2^{\circ}\text{C} - 7,1^{\circ}\text{C}$  ( $\emptyset 5^{\circ}\text{C}$ )
- Sole →  $3,3^{\circ}\text{C} - 9,4^{\circ}\text{C}$  ( $\emptyset 4,9^{\circ}\text{C}$ )

## Die bisher gemessenen JAZ-Unterschiede (ca. 3 bei Luft-WP und ca. 4 bei Erdreich-WP) müssen andere Ursachen haben

- Schlechte Wärmeübertragungseigenschaften bei Luft
- Zusätzlicher Energiebedarf für Abtauung
- Kostengünstige Auslegung des Verdampfers und Ventilators führten zu niedrigeren Effizienzen
- Seit 2020 neuer Hersteller einer Luft-WP mit SCOP 5,7 (FBH  $35^{\circ}\text{C}$ ) und 4,5 (Heizkörper  $55^{\circ}\text{C}$ )

# Sind andere Umweltwärmequellen noch interessant?



## Rentieren sich Erdwärme-WP denn noch?

- Langfristig ja, da LWP teurer sind als SWP und Erdwärmeanlagen sehr lange Lebensdauer haben
- Besser fürs Stromnetz, da Spitzenlast an kalten Tagen geringer ist  
→ kann in Zukunft einen Strompreisunterschied machen

## Grundwasser-WP sind im EFH teurer und ineffizienter als Sole-WP

- Interessant vor allem bei größeren Gebäuden (Kosten für Brunnenanlage steigt weniger mit Leistung)

## Wenn weder Luft- noch Erdwärme- oder Grundwasser-WP eine Option sind:

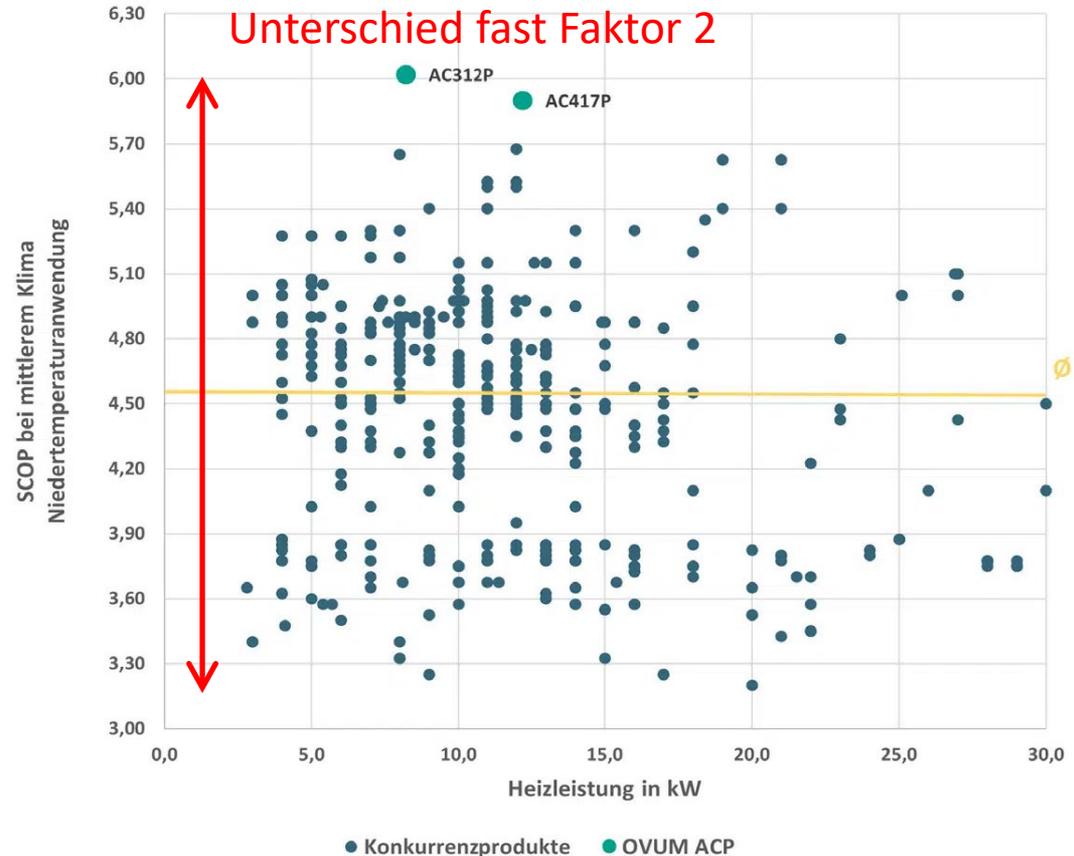
- PVT-Kollektoren als Wärmequelle sind noch teuer, könnte aber in Zukunft eine Option werden

## SCOP zeigt den Effizienzunterschied verschiedener Wärmepumpen:

- Eine Wärmepumpe mit besserem COP hat unabhängig vom Gebäude einen geringeren Verbrauch als eine schlechtere Wärmepumpe im gleichen Gebäude

## Gründe

- Modulierende WP
- Elektronische Expansionsventile
- Kältemittel Propan
- Großzügig dimensionierte Verdampfer und Luftmengen

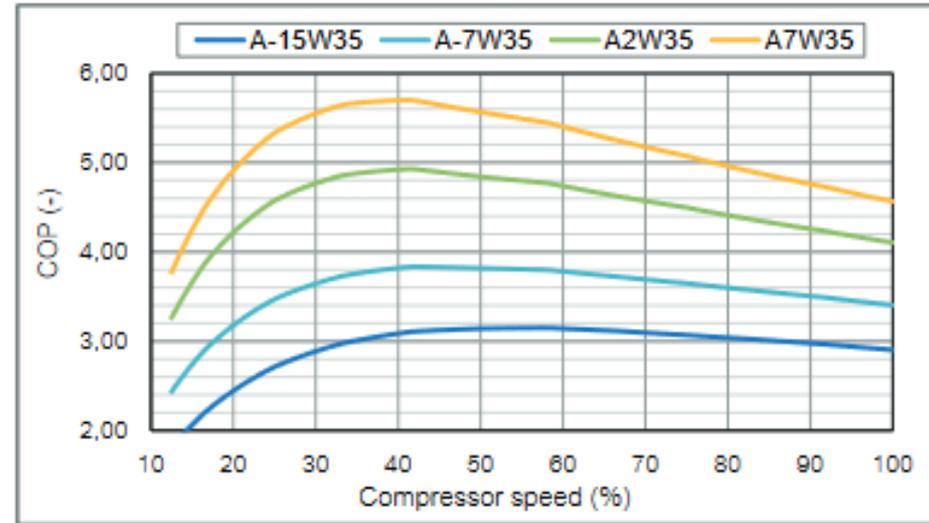


# Modulierende Leistungsregelung macht sehr großen Unterschied in der Praxis im Vergleich zu fix-speed

## Wärmepumpen

### Allgemeine Vorteile modulierender WP

- Im Teillastbetrieb steigt die Effizienz, im Taktbetrieb sinkt die Effizienz
- Bessere Anpassung an die Hydraulik
  - Ausgleich von ungünstiger Hydraulik
  - Bei Fußbodenheizung Betrieb ohne Pufferspeicher möglich
  - Keine erhöhte Spreizung im Teillastbetrieb
- Bessere PV-Ausnutzung
- Erhöhte Kompressor-Lebensdauer: Takten verursacht erhöhten Verschleiß

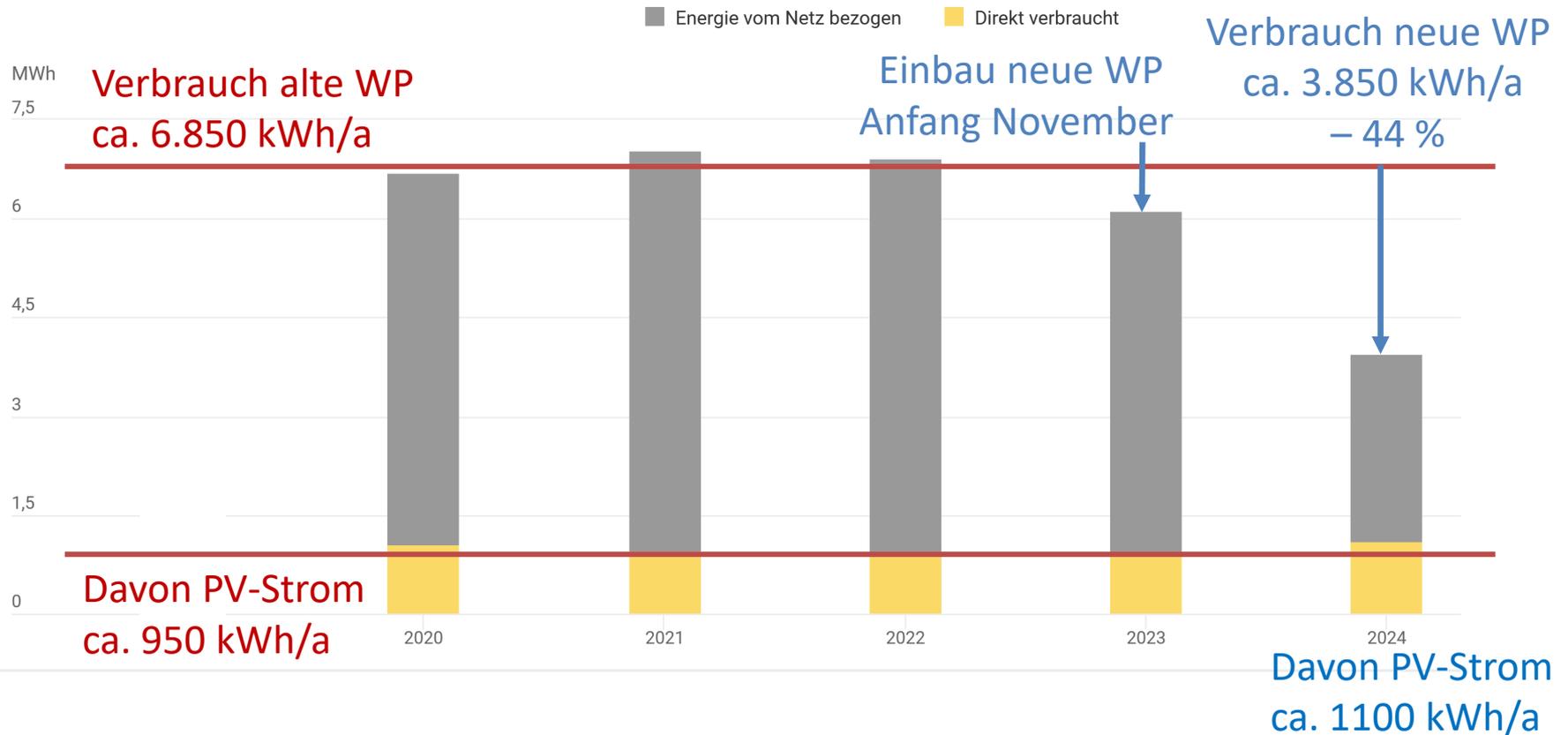


Quelle: Ecoforest  
Datenblatt ecoGeo 1-6 Pro

→ Die zusätzlichen Verluste durch den Frequenzumrichter werden durch die Effizienzvorteile der Modulation mehr als ausgeglichen

# Effizienzunterschied real

## Festdrehzahl LWP (2007) vs. modulierende LWP (2023)



# Überschlägiger Heizkostenvergleich alt gegen neu

## Achtung – nur Momentaufnahme der Preise



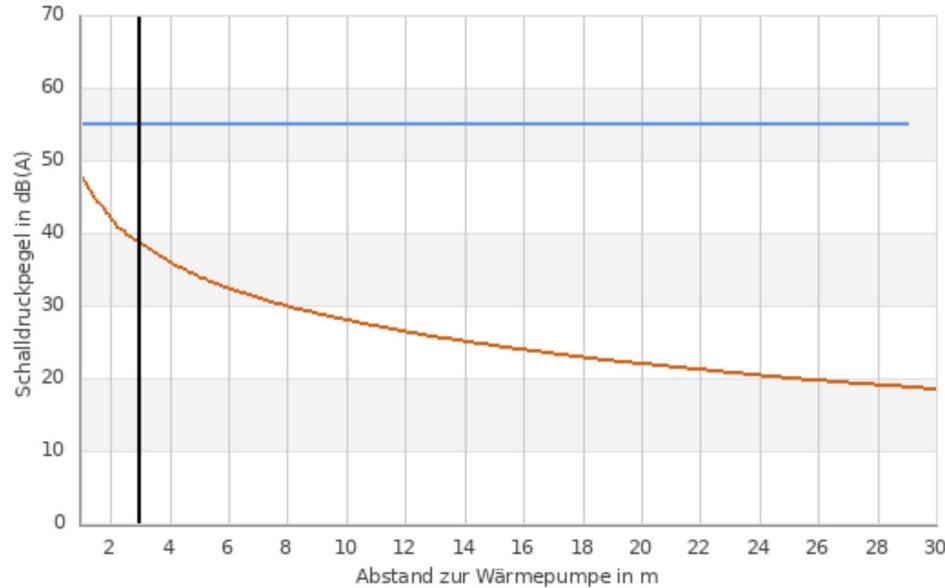
Kostenvergleich	alte LWP JAZ 2,7	neue WP JAZ ca. 5	alter Ölkessel	neue BW- Gastherme
Strom	1720	970	125	60
Grundgebühr Anschluss	90	90		120
Kaminkehrer/Tankversicherung			120	60
Öl (ca. 2350 l) / Gas (ca.18.650 kWh)			2470	2120
<b>Heizkosten o. PV</b>	<b>1810</b>	<b>1080</b>	<b>2715</b>	<b>2360</b>
PV Eigenv.	- 140	- 160		
<b>Heizkosten m. PV</b>	<b>1670</b>	<b>920</b>		
<b>Emissionen t<sub>CO2,äqv</sub> /a</b>	<b>2,8</b>	<b>1,5</b>	<b>7,5</b>	<b>4,6</b>

Wärmepumpenstrom 25,11 ct/kWh; Strom 35 ct/kWh; PV-Einspeiseverg. 10,64 ct/kWh  
 Heizöl 105 ct/l, Gas 11,36 ct/kWh, Effizienz Öl-K 80%, BW-GT 100%

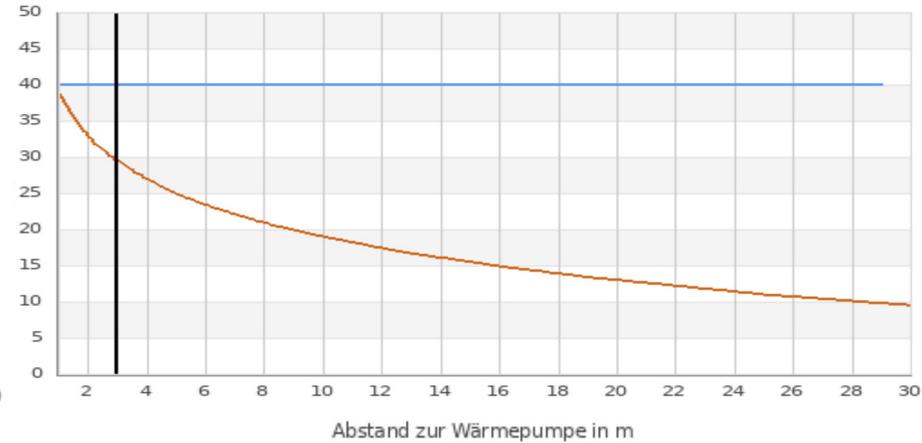
# Weitere Vorteile Modulation: Schallreduktion durch reduzierte Drehzahl



- Moderne Luftwärmepumpen sind [meistens] wesentlich leiser als alte
- Drehzahlgeregelte Luftwärmepumpen haben einen schallreduzierten Betriebsmodus für Nachtruhe



— Beurteilungspegel nach TA Lärm  
— Grenzwert (Immissionsrichtwert) nach TA Lärm



— Beurteilungspegel nach TA Lärm  
— Grenzwert (Immissionsrichtwert) nach TA Lärm

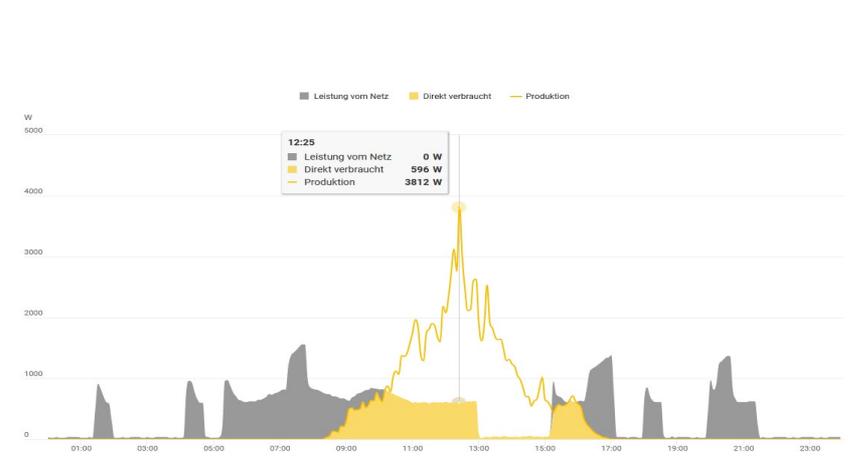
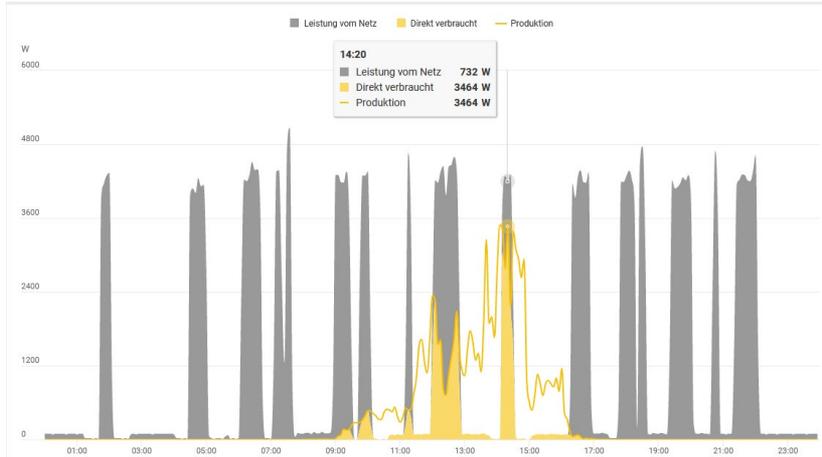
# Verbesserte PV-Nutzung durch Modulation

Fix-speed Luft-WP 8 kW

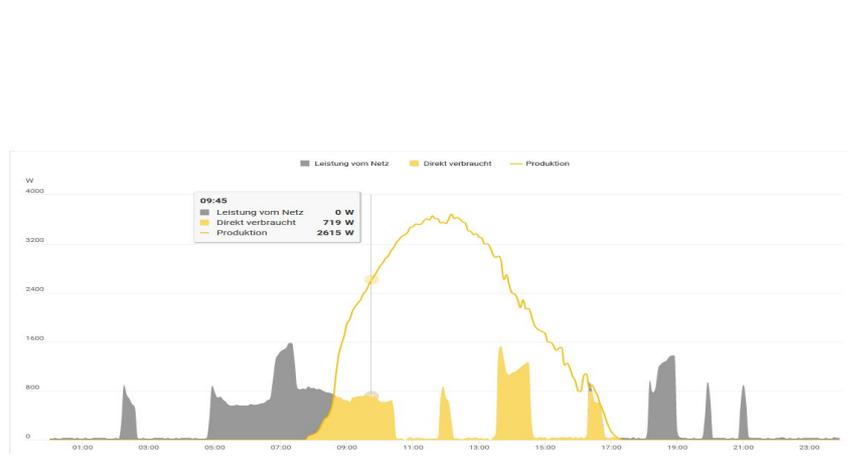
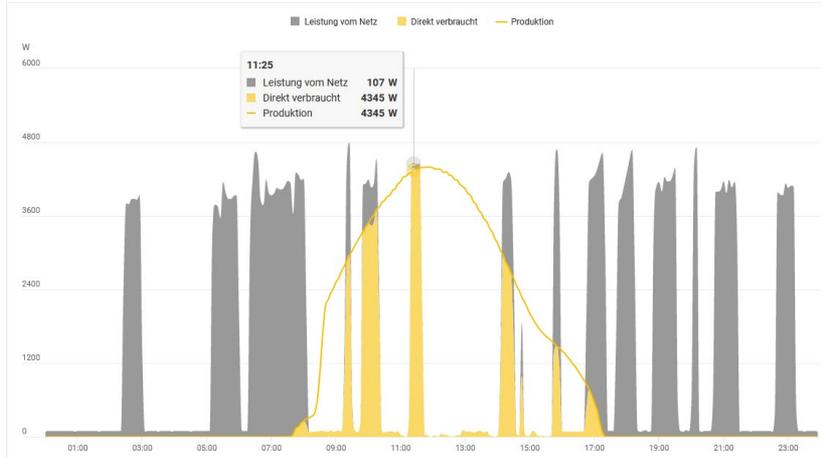
PV 9,5 kW Ost-West

Modulierende Luft-WP 8 kW

Trüber Tag im Februar



Sonniger Tag im Februar





Danke für die Aufmerksamkeit

Gleich geht's weiter mit dem 2. Teil