

# **Wärmepumpen im Gebäudebestand**

Wie sinnvoll ist der nachträgliche Einbau?

Prof. Uli Spindler

Technische Hochschule Rosenheim

Studiengang Energie und Gebäudetechnologie

**28. Fachgespräch Arbeitskreis Holzfeuerung 2025**

21. Mai 2025, TFZ Straubing

**„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 300-400%
  - Stromdirektheizung 100%
  - grüner H<sub>2</sub> → Heizkessel oder Brennstoffzelle ca. 75%
  - grüne E-Fuels → Heizkessel (oder Brennstoffzelle) ca. 60%
- Holz → nur bei nachhaltiger Bewirtschaftung
- Biogas/-methan → bisher sehr hoher Treibstoffaufwand für Anbau, nur mit Reststoffen sinnvoll
- Solarthermie → Langzeitspeicherung nötig

## Und Fernwärme?

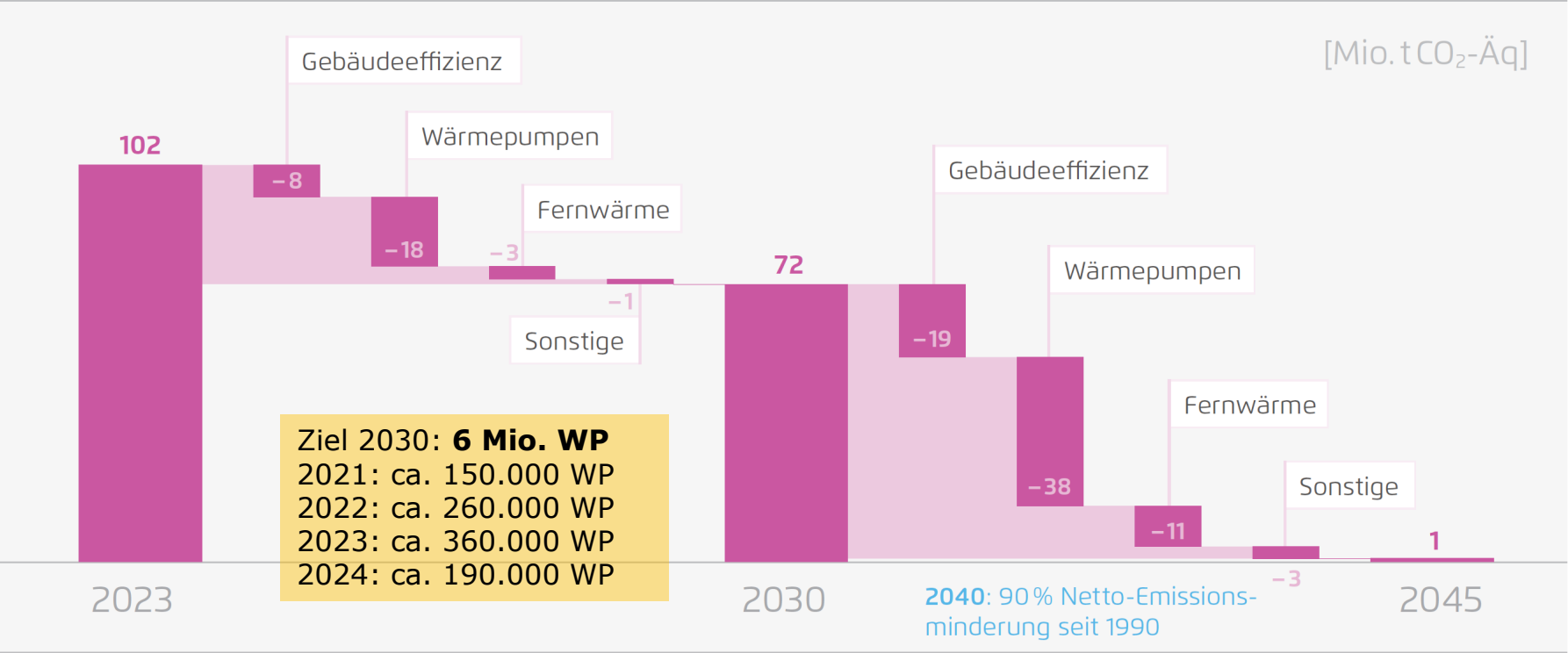
- Benötigt auch eine CO<sub>2</sub>-freie Wärmeerzeugung

# Klimaneutrales Deutschland 2045 - Was ist bis 2030 nötig?

## Bericht Agora Energiewende update 2024

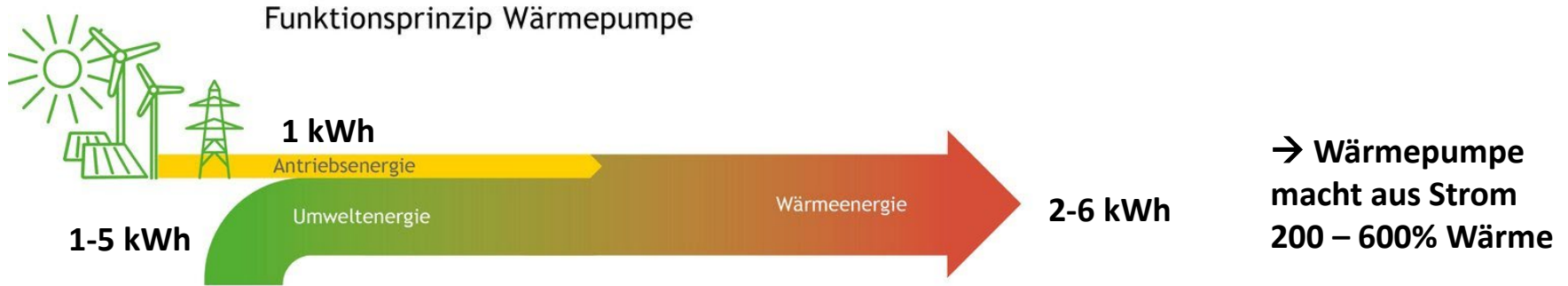


Gebäudesektor – Reduktion der Treibhausgasemissionen → Abb. 18

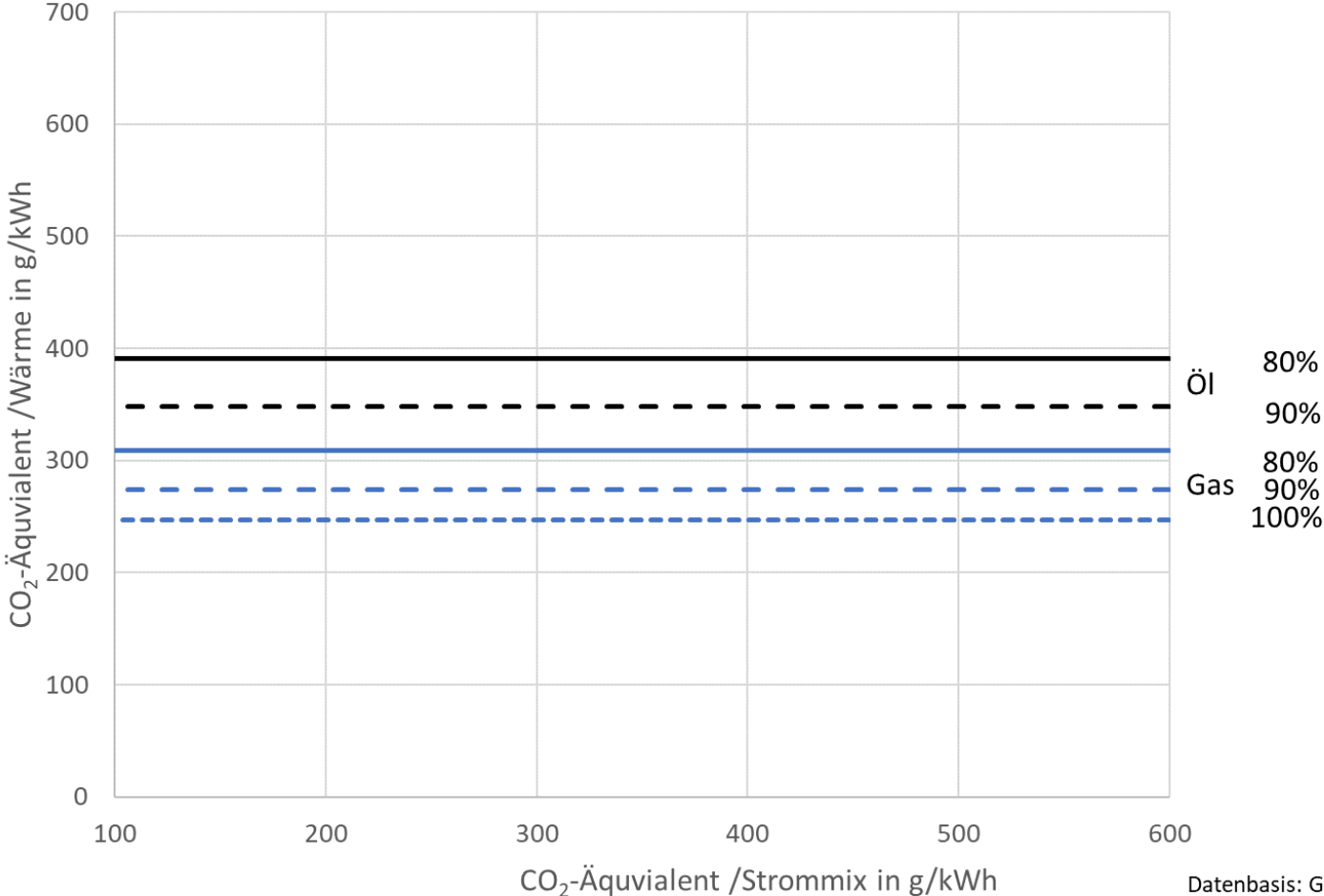


Agora Energiewende und Prognos (2024)

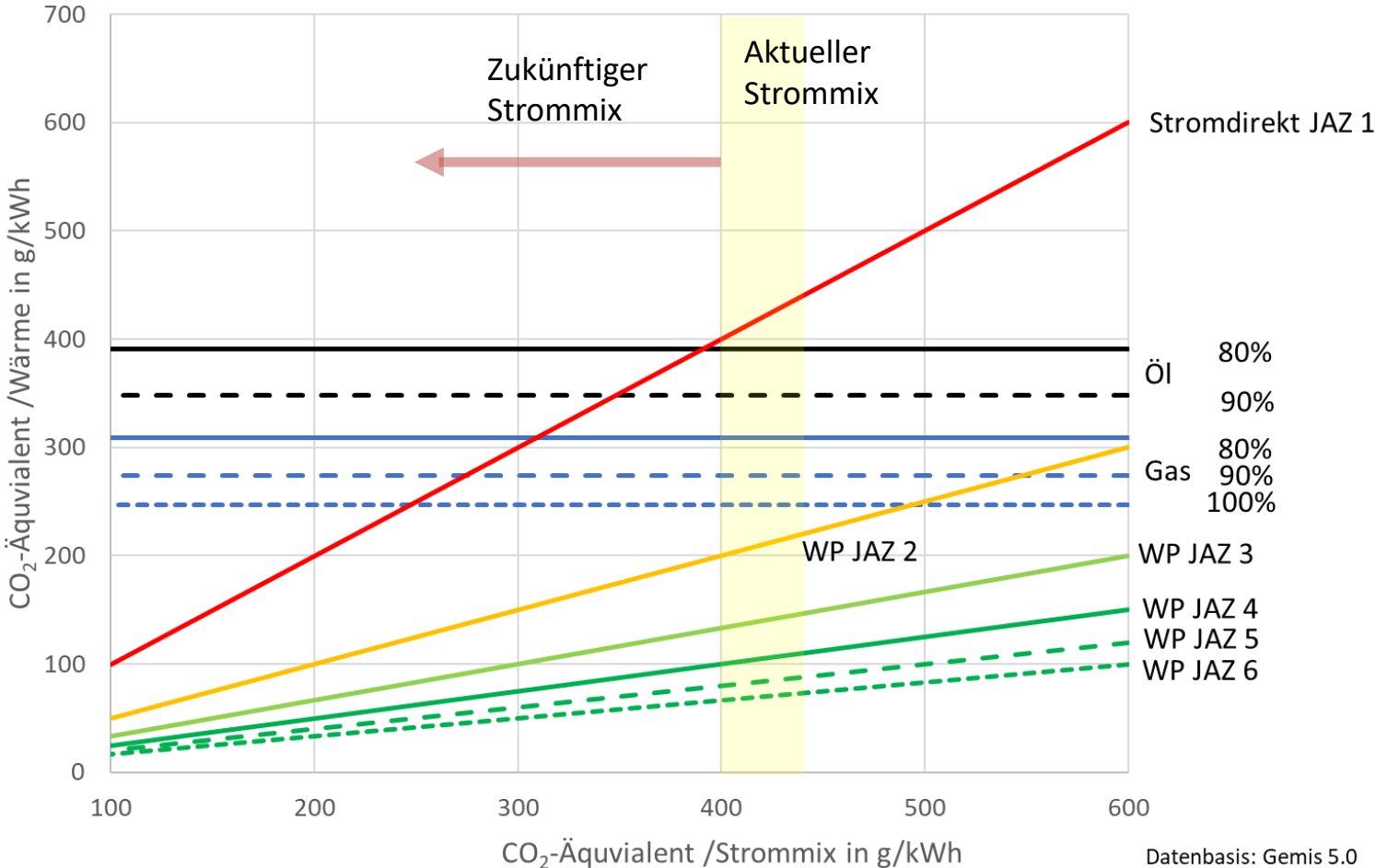
# Warum sind Wärmepumpen fürs Klima so wichtig?



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



# 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%**



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
    - Kein bis 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

		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

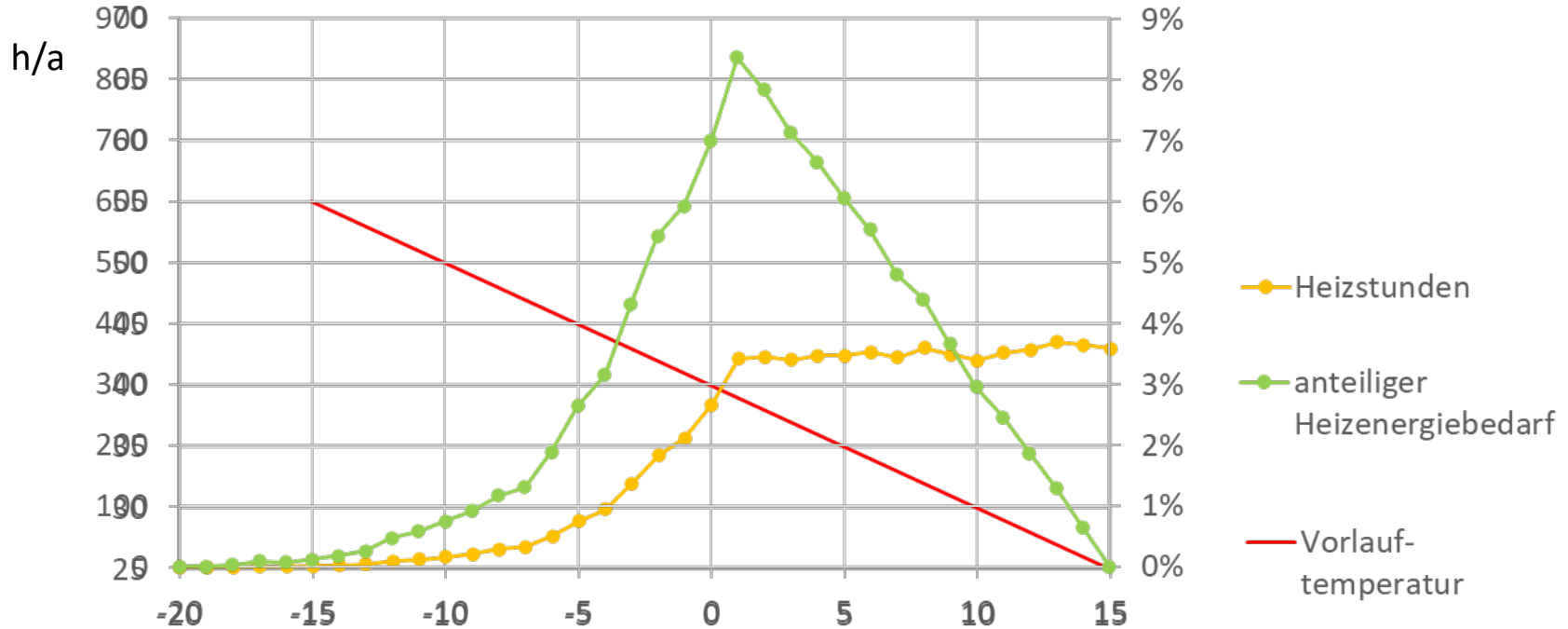
Deutschland = mittleres Klima

Niedertemperatur = 35°C (FBH)

Mitteltemperatur = 55°C (Heizkörper)

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

# Es gibt kaum sehr kalte Tage



Heizstunden: 20 Jahresmittelwert Chieming

## 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?



**Für Sanierung realistisch: Erdsonden oder Grundwasser, zukünftig evtl. PVT**

**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:**

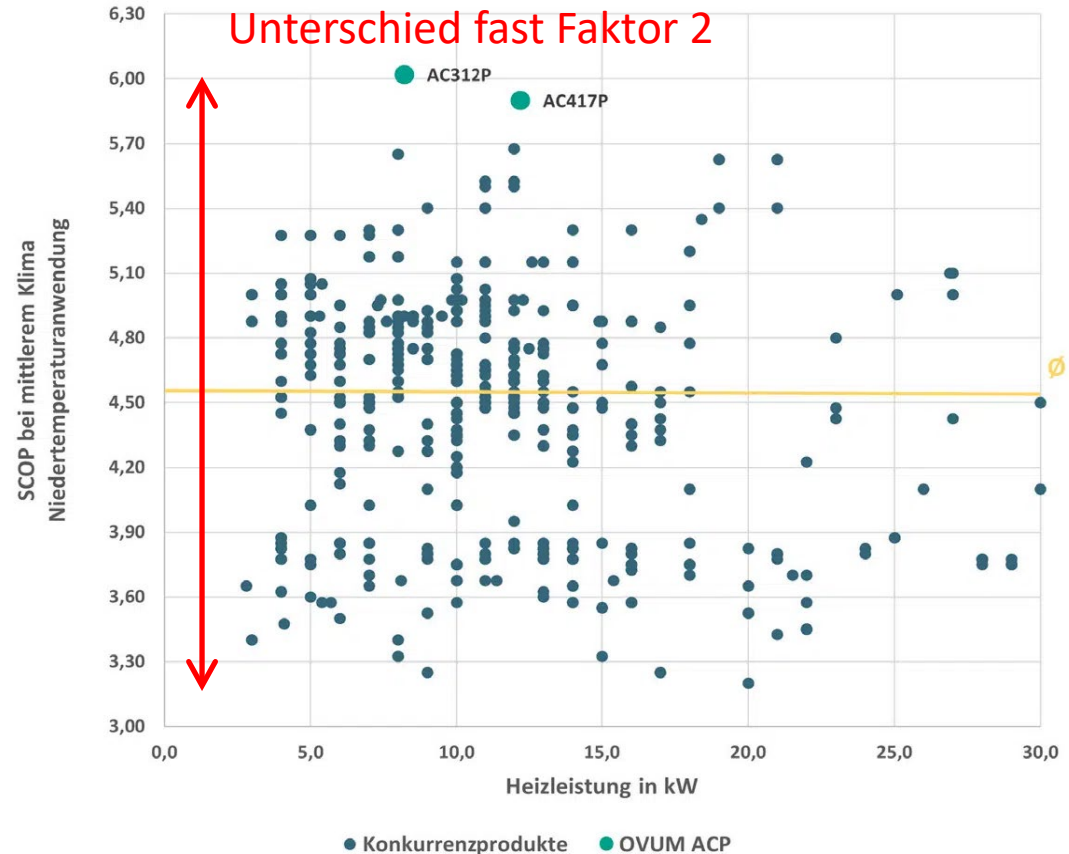
- PVT-Kollektoren als Wärmequelle sind noch teuer, könnte aber in Zukunft eine Option werden

## 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



# Ist ein Bestandsgebäude für Wärmepumpen geeignet?



**Reine Fußbodenheizung: ja**

**Heizkörper:**

- Bei hohen Vorlauftemperaturen: Überprüfung, ob diese benötigt werden
  - Oft Heizkörper überdimensioniert
  - Kein hydraulischer Abgleich vorhanden
  - Meist Teilsanierungen (z.B. Fenstertausch, oberste Geschoßdecke schon durchgeführt)
  - Evtl. Tausch einzelner Heizkörper sinnvoll

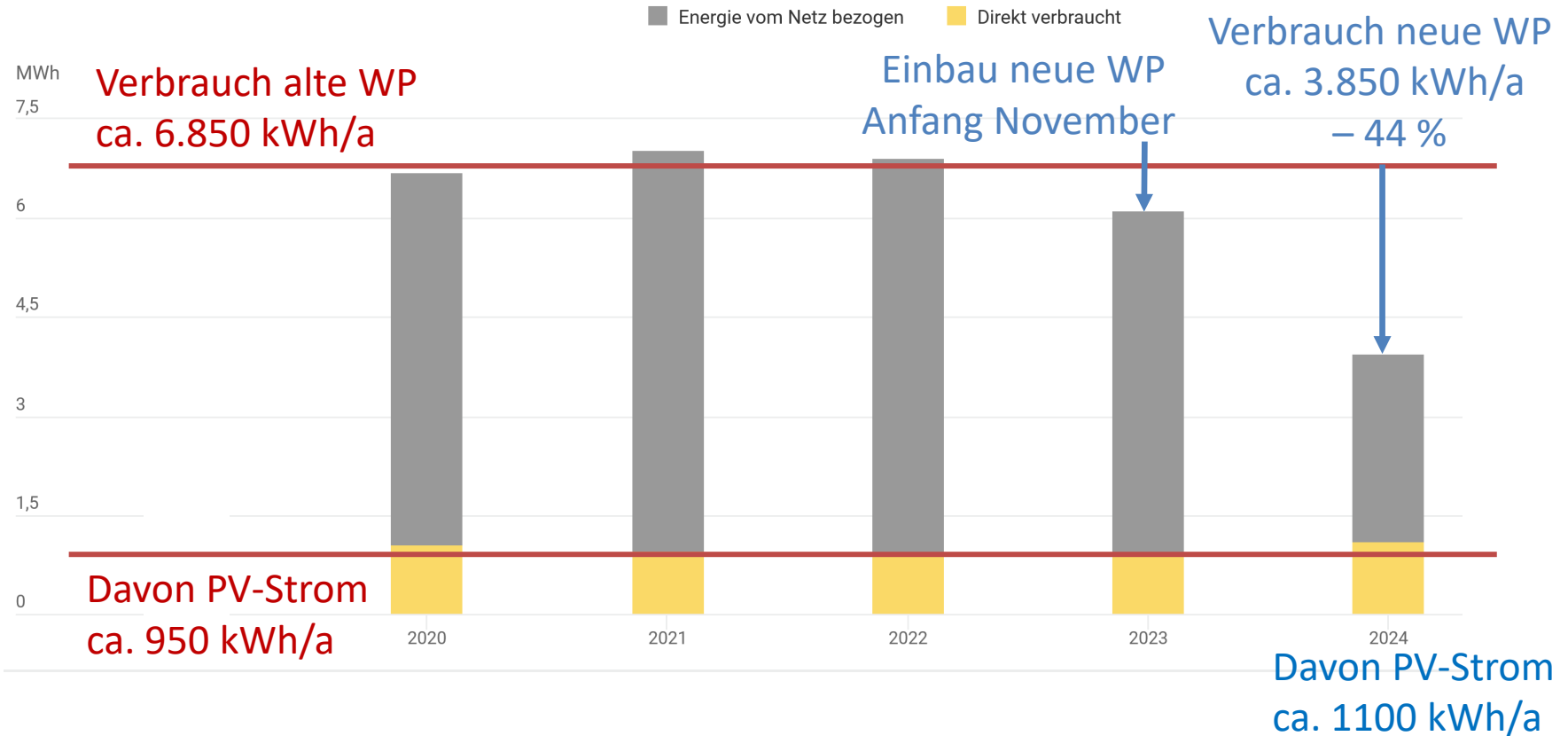
**Grobe Klassifizierung für effiziente Wärmepumpen**

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| • Unter 60°C Vorlauftemperatur | problemlos geeignet |
| • Unter 50°C                   | gut geeignet        |
| • Unter 40°C                   | sehr gut geeignet   |



# Effizienzunterschied ist real

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



# Überschlägiger Heizkostenvergleich alt gegen neu

## Achtung – nur Momentaufnahme der Preise



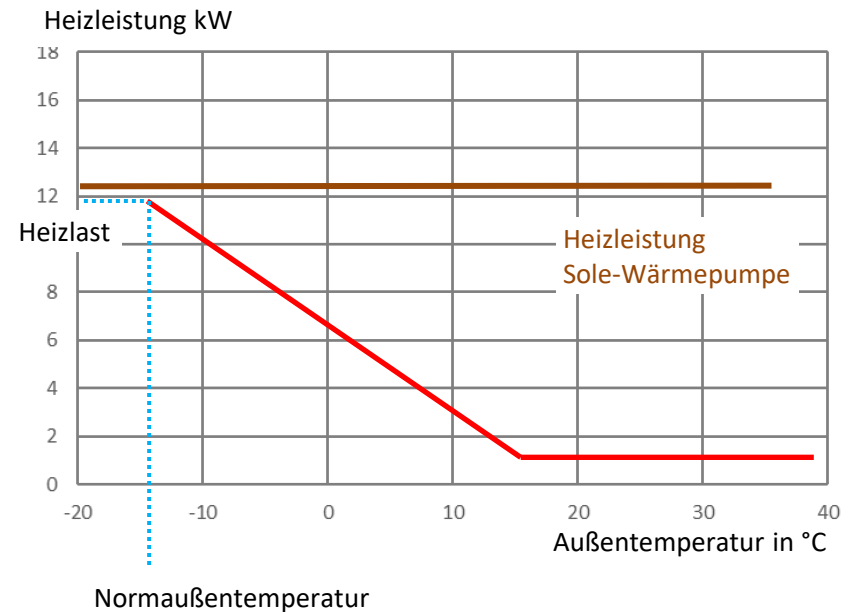
Kostenvergleich	alte LWP JAZ 2,7	neue LWP JAZ ca. 5	alter Ölkessel	neue BW- Gastherme
Strom	1720	970	125	60
Grundgebühr Anschluss	90	90		120
Kaminkehrer/Tankversicherung			120	60
Öl (ca. 2350 l) / Gas (ca.18.650 kWh)			2470	2120
<b>Heizkosten o. PV</b>	<b>1810</b>	<b>1080</b>	<b>2715</b>	<b>2360</b>
PV Eigenv.	– 140	– 160		
<b>Heizkosten m. PV</b>	<b>1670</b>	<b>920</b>		
<b>Emissionen <math>t_{CO_2, äqv}</math> /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%

## Monovalent

- Wärmepumpe ist alleiniger Wärmeerzeuger
- Standardauslegung bei EFH/ZFH für Erd- und Grundwasserwärmepumpen

## Bivalenzpunkt = Außentemperatur, bei der 2. Wärmeerzeuger zugeschaltet wird



## Monovalent

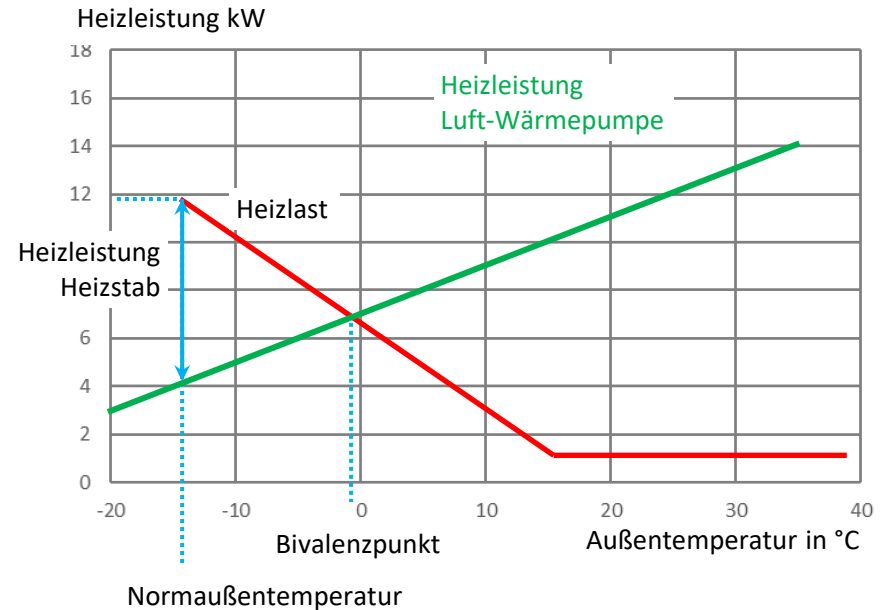
- Wärmepumpe ist alleiniger Wärmeerzeuger
- Standardauslegung bei EFH/ZFH für Erd- und Grundwasserwärmepumpen

## Bivalent

- Neben Wärmepumpe wird noch ein weiterer Wärmeerzeuger genutzt
- Gründe: technisch oder wirtschaftlich
- Früher bei Luftwärmepumpen nötig (Auslegung nur auf ca. 80% Heizlast möglich), bei modernen LWP nicht mehr unbedingt so

**Monoenergetisch = bivalent mit elektrischem Heizstab als 2. Erzeuger**

**Bivalenzpunkt = Außentemperatur, bei der 2. Wärmeerzeuger zugeschaltet wird**



## Monovalent

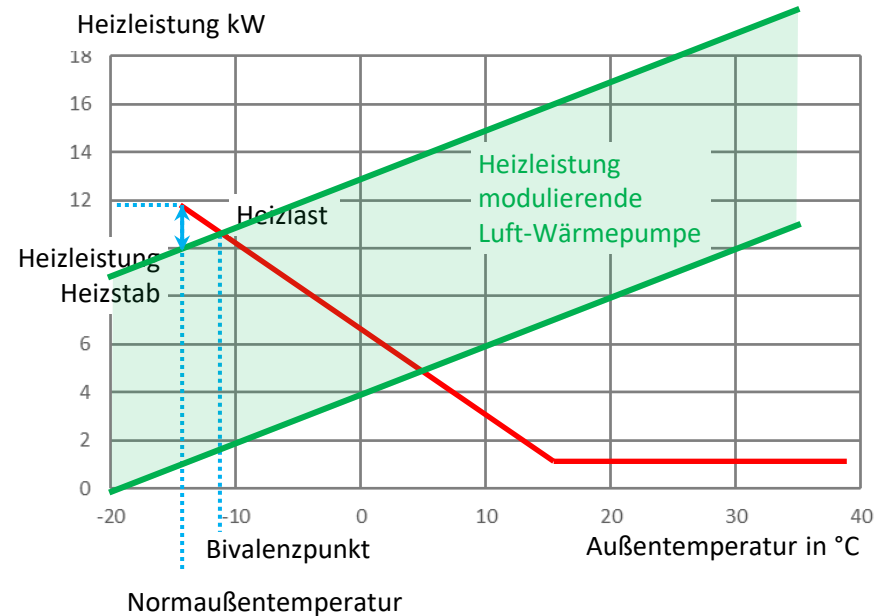
- Wärmepumpe ist alleiniger Wärmeerzeuger
- Standardauslegung bei EFH/ZFH für Erd- und Grundwasserwärmepumpen

## Bivalent

- Neben Wärmepumpe wird noch ein weiterer Wärmeerzeuger genutzt
- Gründe: technisch oder wirtschaftlich
- Früher bei Luftwärmepumpen nötig (Auslegung nur auf ca. 80% Heizlast möglich), bei modernen LWP nicht mehr unbedingt so

**Monoenergetisch = bivalent mit elektrischem Heizstab als 2. Erzeuger**

**Bivalenzpunkt = Außentemperatur, bei der 2. Wärmeerzeuger zugeschaltet wird**



# Deckungsanteil der Wärmepumpe abhängig von Normaußentemperatur und Bivalenzpunkt

Deckungsanteil der Wärmepumpe abhängig von Normaußentemperatur und Bivalenzpunkt

Deckungsanteil der Wärmepumpe ( % )																			
Klimazone / Auslegungs- temperatur	Bivalenzpunkt / Dimensionierungspunkt ( °C )																		
( °C )	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-10	100	100	100	100	100	99	99	99	99	98	98	97	96	94	92	90	87	84	81
-12	100	100	100	99	99	99	99	98	98	97	96	95	93	90	88	86	83	80	77
-14	100	100	99	98	98	98	98	97	97	96	94	92	90	88	85	82	79	75	72
-16	99	99	98	98	97	97	97	96	95	94	92	90	87	84	81	78	74	71	67

Quelle: Haustechnik Dialog SHK Wissen  
<https://www.haustechnikdialog.de/SHKwissen/1247/Bivalenzpunkt>

- Die Effizienz konnte bei Luftwärmepumpen deutlich verbessert werden
- Moderne modulierende Luftwärmepumpen sind für monovalenten Betrieb geeignet
- Sehr viele Wohngebäude sind mit kleineren Maßnahmen für Wärmepumpenheizung geeignet
- Im Ein-/Zweifamilienhaus ist Hybrid-Heizung nicht nötig