



Wärmepumpe im Bestand

Wie rüste ich meine Haus mit einer Wärmepumpe aus

Vorstellung der Energieberater



Martin Knaus



Martin Handke

Kapitel

1. Bund vs. Realität
2. Vorurteile
3. Technologie
4. Effizienz
5. Wirtschaftlichkeit
6. Beispielhäuser
7. Förderung
8. Häufige Fragen
9. Fazit
10. Wie geht's weiter

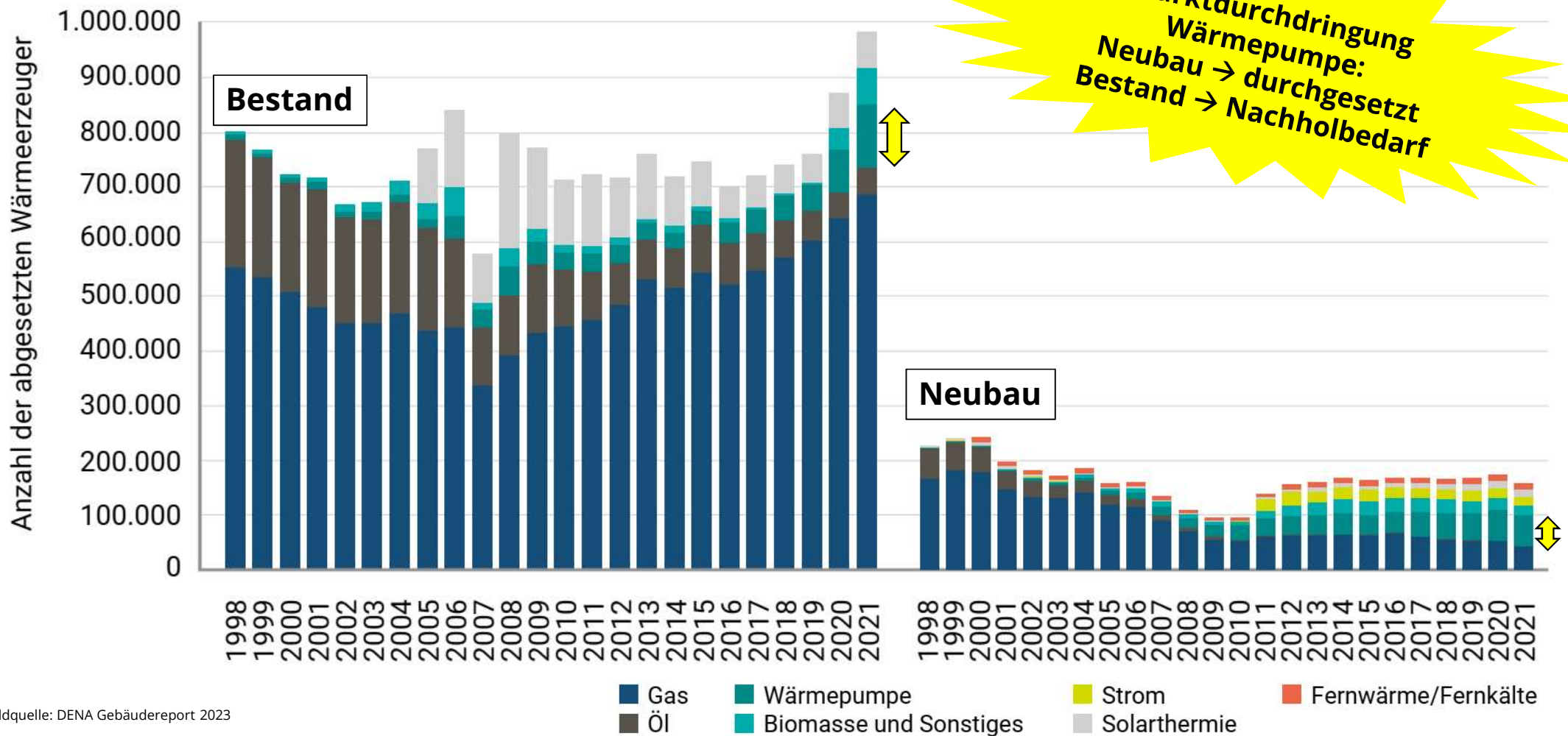
1. Bund vs. Realität

Was ist vom Bund geplant?



- Bundesregierung: plant **6 Mio. Wärmepumpen bis 2030**
- Koalitionsvertrag: **65 % Erneuerbare-Energien-Anteil** für neue Heizungen ab 2024

Was ist die Realität?



2. Vorurteile

2. Ist Wärmepumpe im Bestand technisch möglich?

**Funktioniert
Wärmepumpe auch
bei Minusgraden?**

**Muss ich dann
im Winter
frieren?**

**Wärmepumpe auch
in ungedämmtem
Haus möglich?**

**Wärmepumpe
nur mit
Fußbodenheizung
möglich?**

Ist Wärmepumpe im Bestand ökologisch & ökonomisch sinnvoll?

Wird Strom nicht auch aus Gas und Kohle hergestellt?

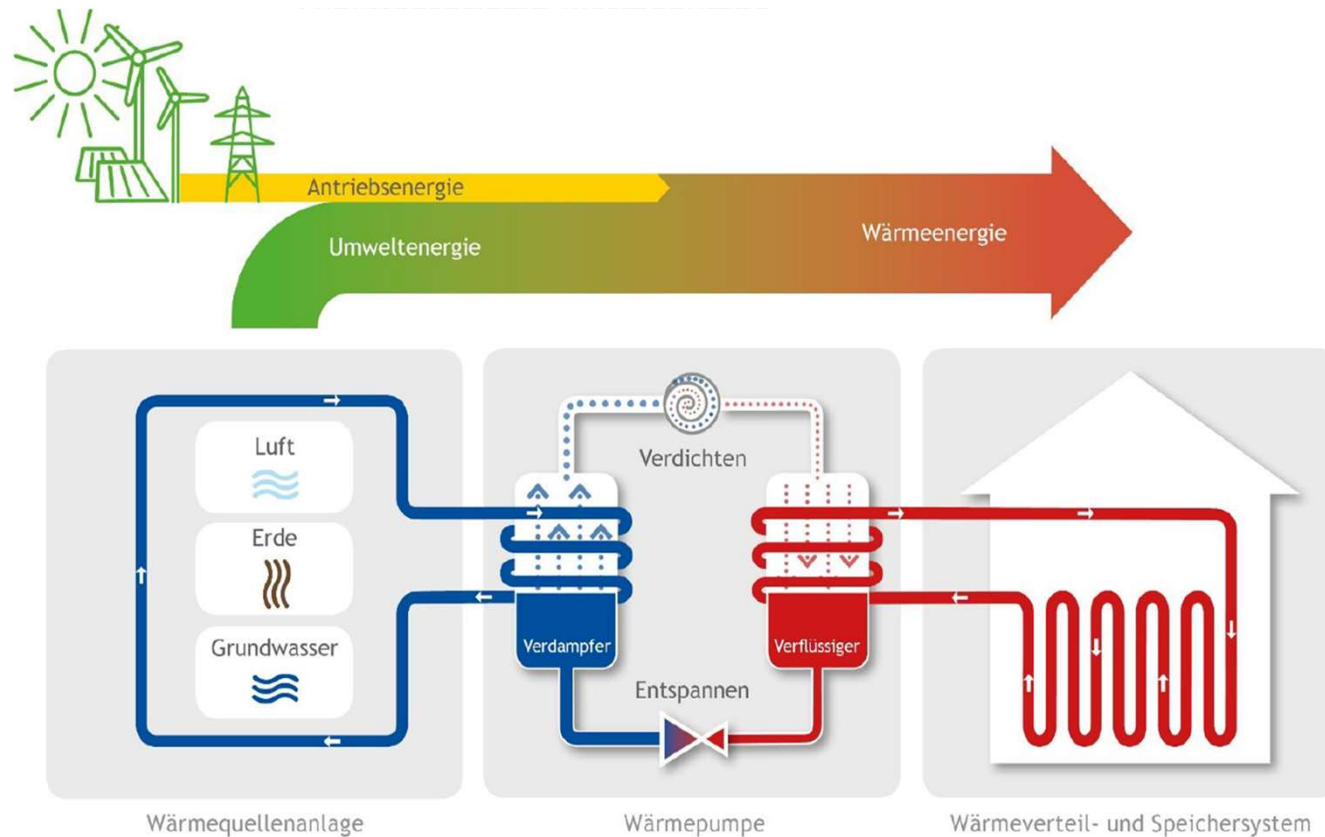
Ist mit Strom heizen nicht zu teuer?

Woher soll der ganze Strom kommen?

Ist Wärmepumpe eine Stromheizung?

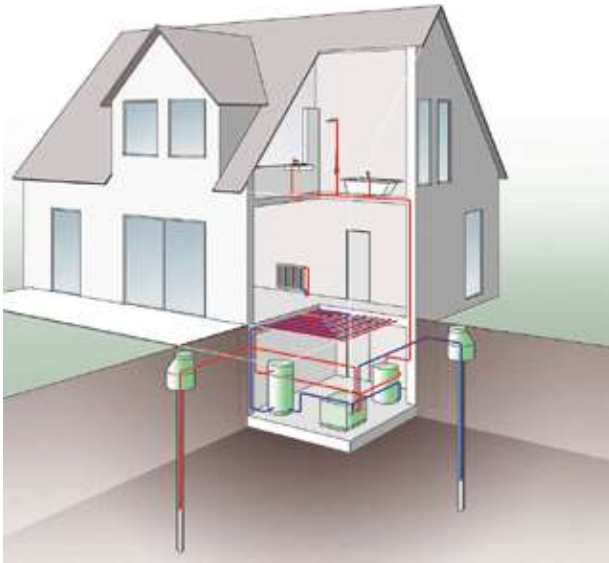
3. Technologie

Funktionsweise Wärmepumpe

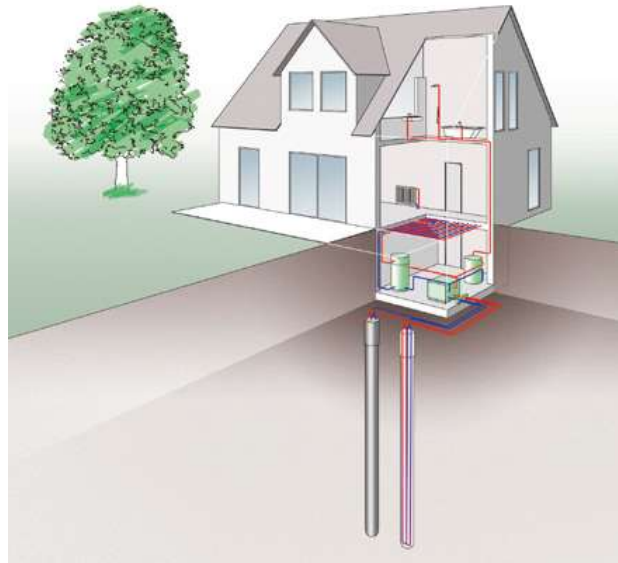


Wärmepumpe fängt **kostenlose Umweltenergie** effektiv ein!

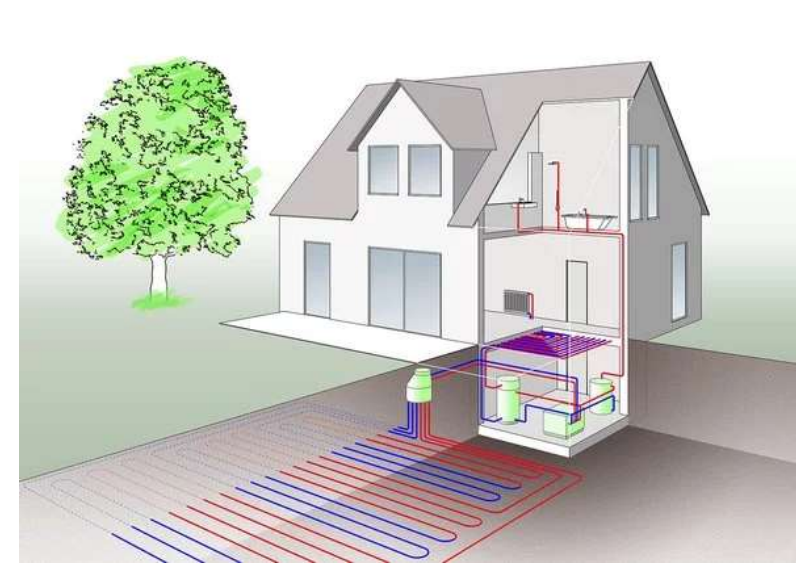
Grundwasser- & Erd-Sole-Wärmepumpe



Grundwasser



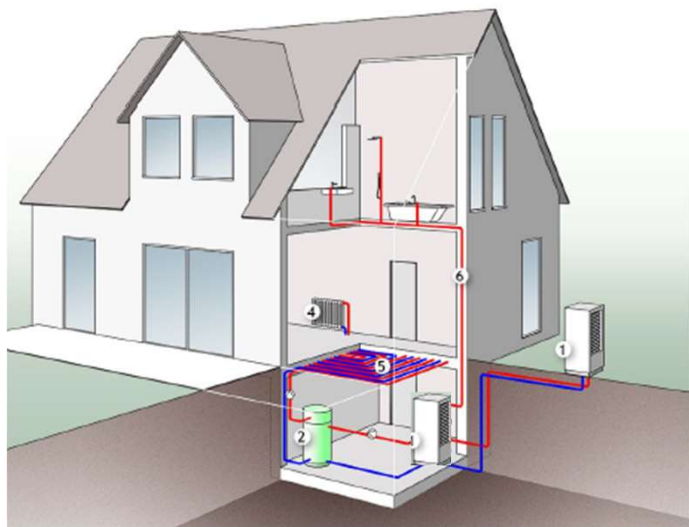
Erdwärme-Sonde



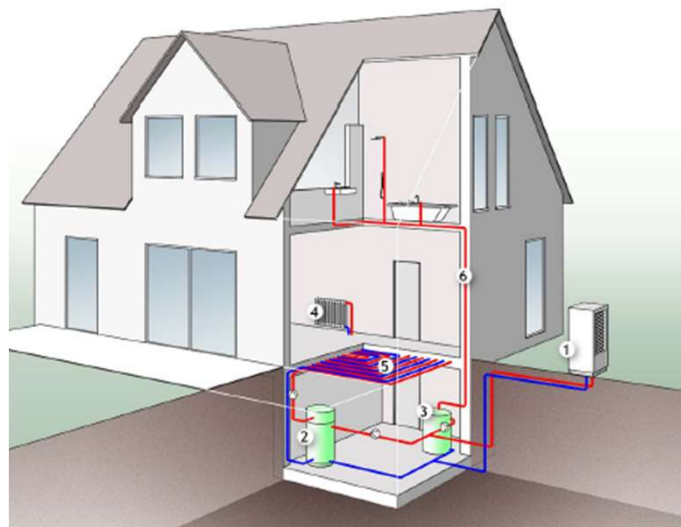
Erdwärme-Kollektor

Quellentemperatur von Erde / Grundwasser ist **konstant (ca. 8-12°C)**!

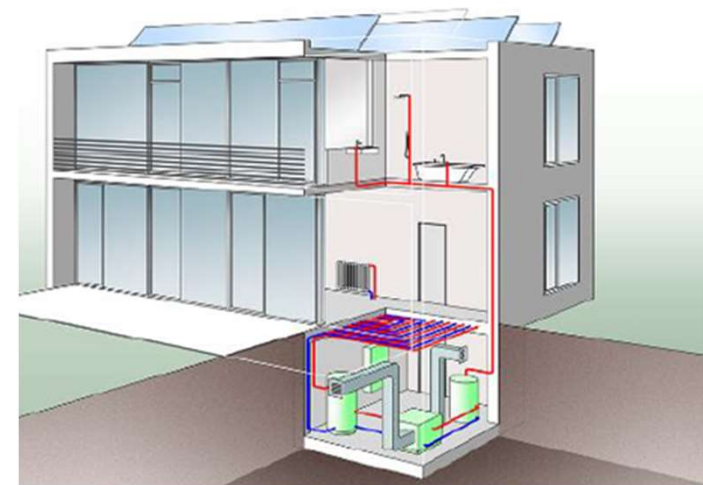
Fokus des Webinars: Luft-Wasser-Wärmepumpe



Split
innen/außen



Monoblock
außen



Monoblock
innen

Quelltemperatur von Luft ist **jahreszeitabhängig (Außenluft)**!

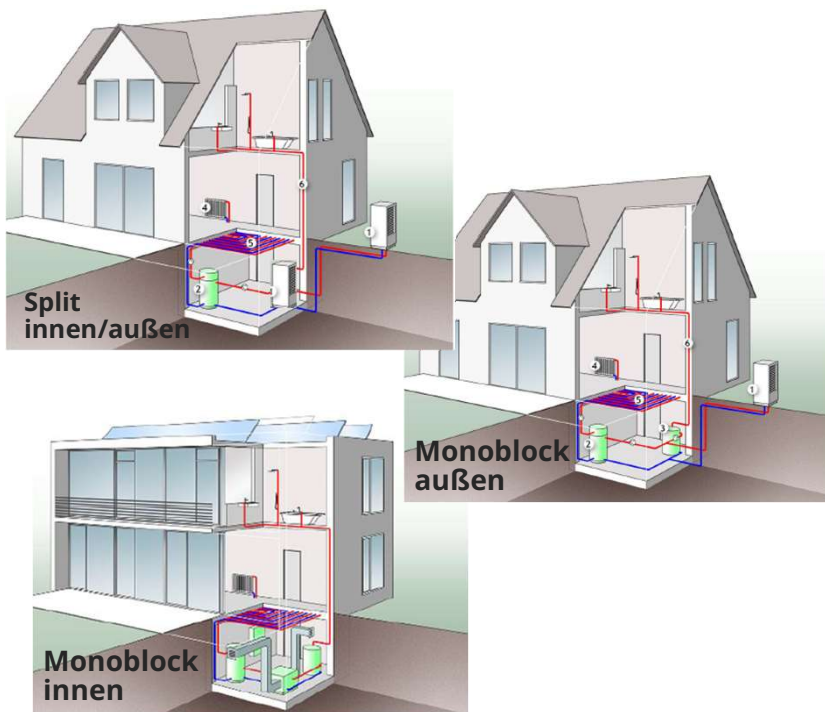
Luft-Wasser-Wärmepumpe

Vorteile

- Kein **Genehmigungsverfahren**
- Ortsunabhängige **Verfügbarkeit**
- Einfache **Erschließung**
- Geringe **Investitionskosten**
- Einfach **nachrüstbar** bei Sanierung

Zu beachten

- Gesetzliche **Schallanforderung**
- Anforderung an **Aufstellort**
- Notwendiger **Platzbedarf**



Luft-Wasser-Wärmepumpe **fast immer nachrüstbar!**

Luft-Wasser-Wärmepumpe: Monoblock

Monoblock (Innen) Keller

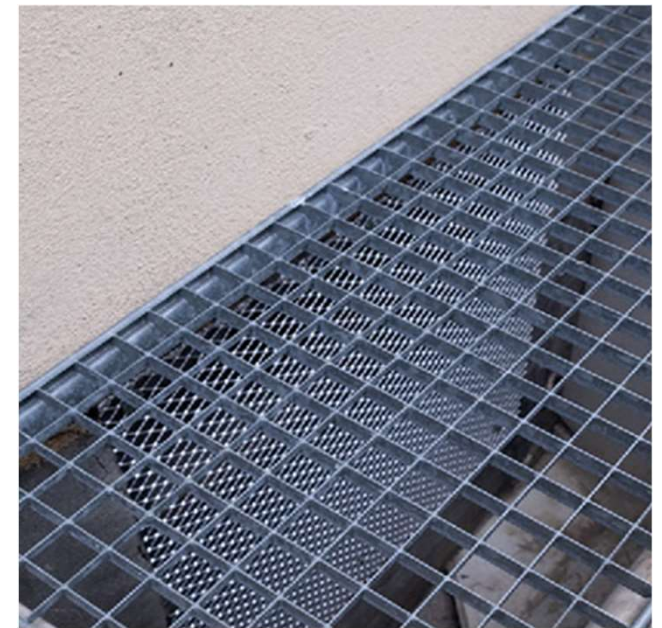


Monoblock (Innen) Dachspeicher



Luft-Wasser-Wärmepumpe: Monoblock

Monoblock (Innen) Keller über Lichtschacht



Luft-Wasser-Wärmepumpe: Monoblock

Monoblock (Außen)



Monoblock (Außen) Reihenhaus



Luft-Wasser-Wärmepumpe: Split

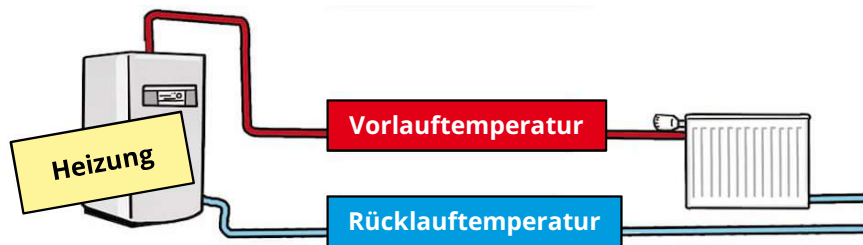
Split-Wärmepumpe



Bildquellen: <https://www.remko.de/artstyle-waermepumpen/serie-hts/>; <https://www.remko.de/smart-waermepumpen/wkf-dortmund/>;

4. Effizienz

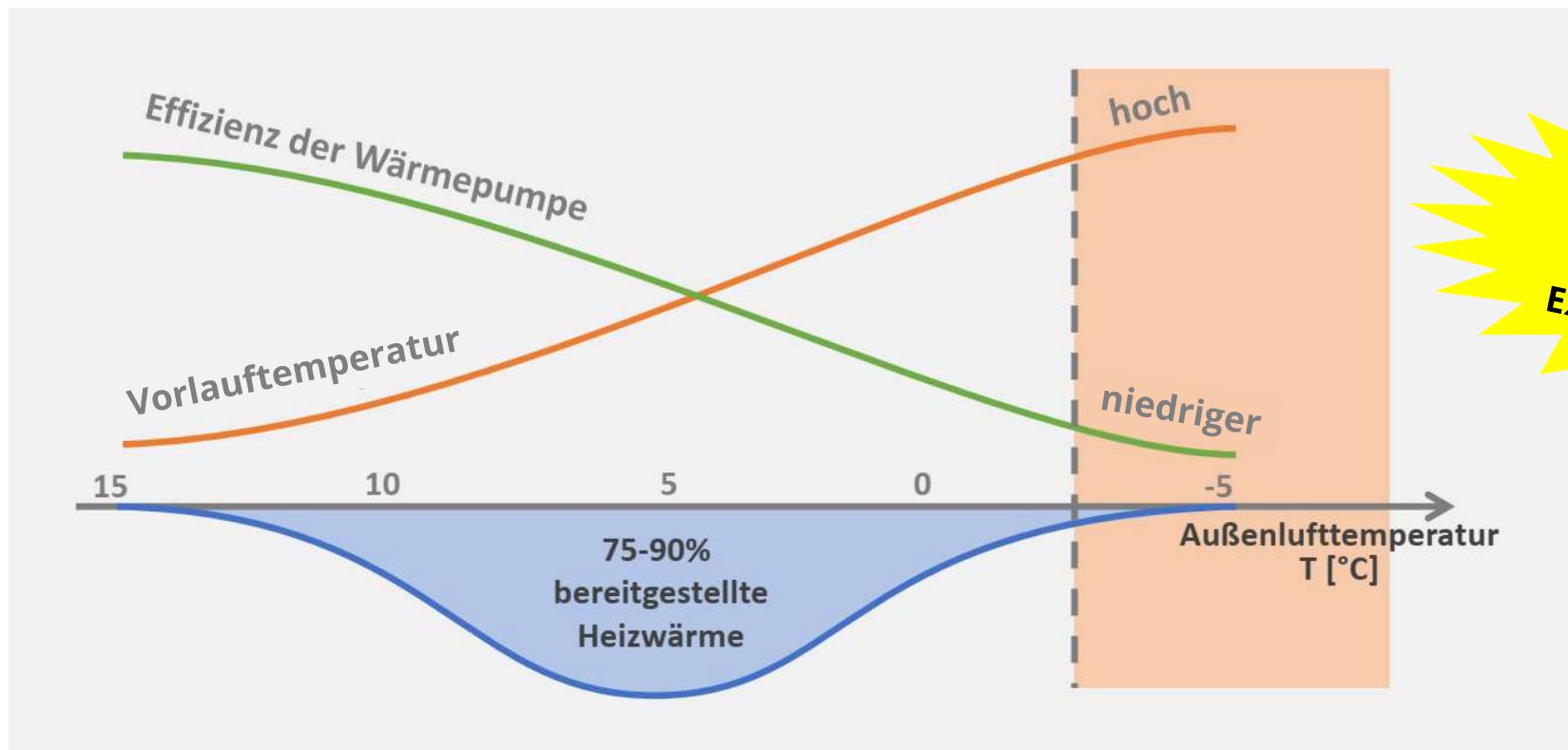
Begriffsbestimmung: Vorlauftemperatur



**Vorlauftemperatur ist
von aktueller
Außentemperatur und
des Dämmzustandes des
Hauses abhängig**

**Vorlauftemperatur:
Heizwassertemperatur, die in den Heizkreislauf eingeleitet wird**

Effizienz der Luft-Wasser-Wärmepumpe



Gesamteffizienz zählt – nicht die Effizienz bei Extremtemperatur!

Effizienz der Wärmepumpe über das gesamte Jahr ist entscheidend!

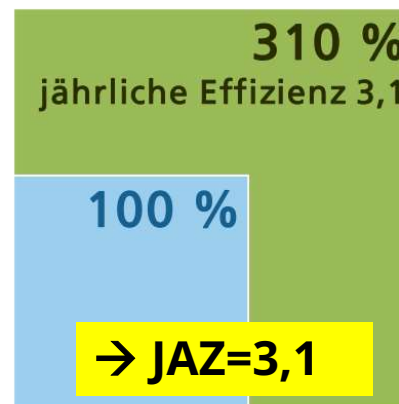
Effizienz der Wärmepumpe: Jahresarbeitszahl (JAZ)

JAZ=2 mit deutsch.
Strommix
→ ökologischer als
Heizen mit Gas!

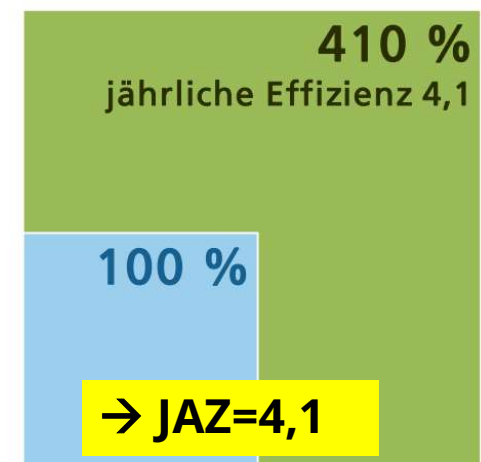
JAZ ist Maßstab für:

- effizienten Betrieb der WP
- im Gebäude
- über gesamtes Jahr

Luft/Wasser-
Wärmepumpen



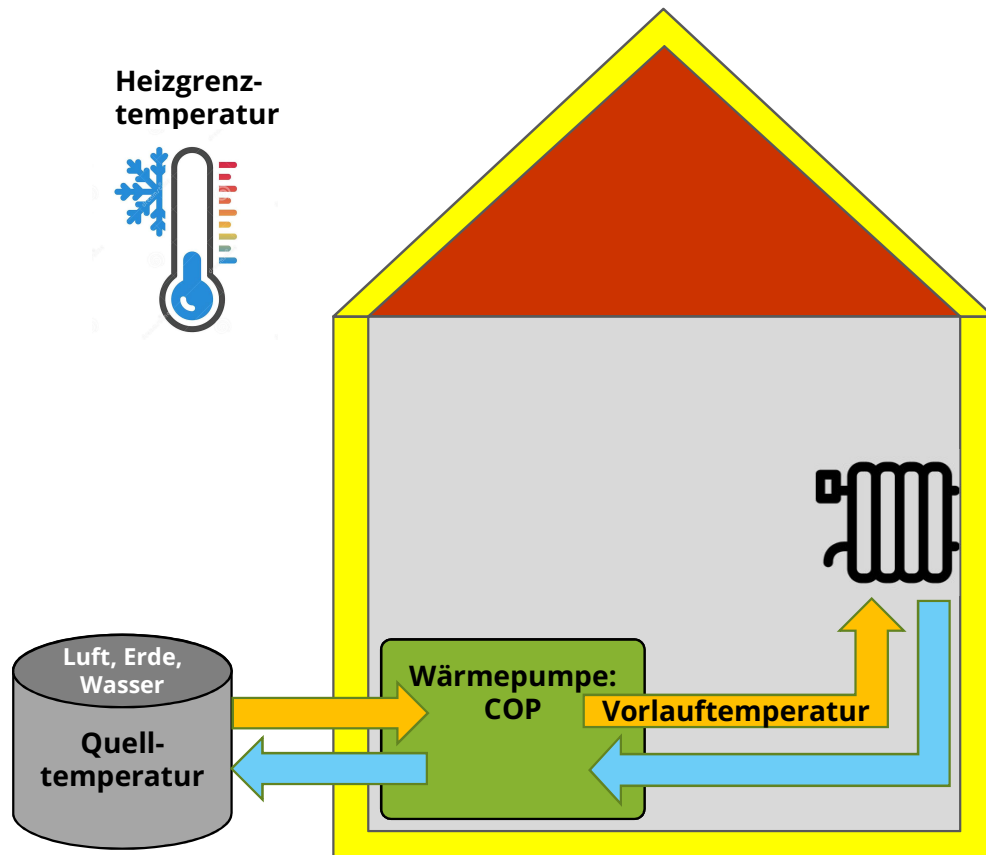
Sole/Wasser-
Wärmepumpen



■ Wärme
■ Strom
(Wärmepumpe)

Feldstudie zeigt: Wärmepumpen im Bestand funktionieren

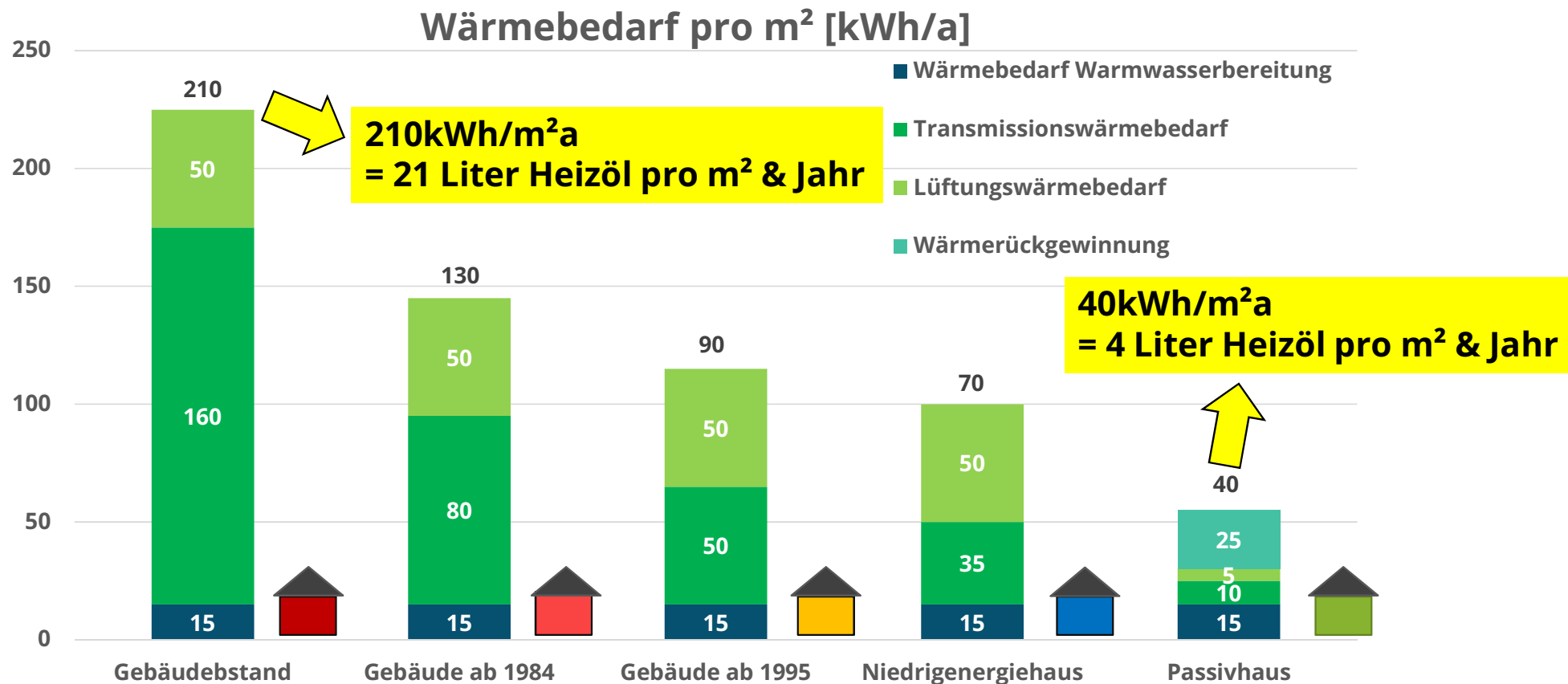
Effizienz der Wärmepumpe: Einflussfaktoren auf JAZ



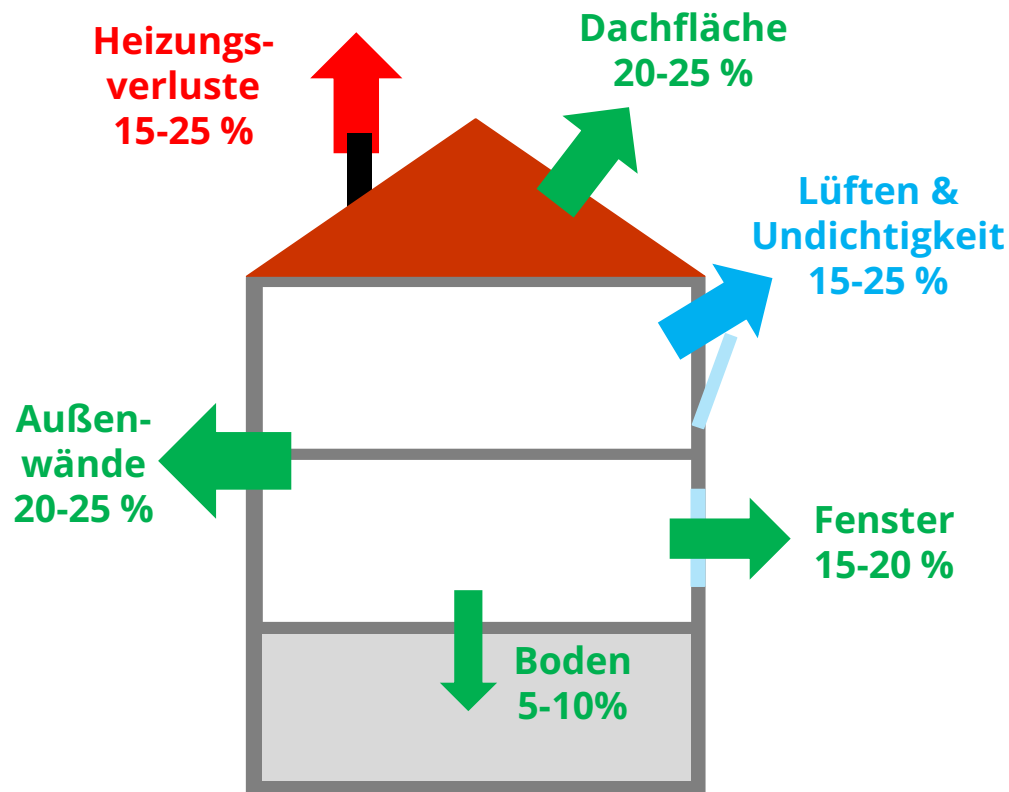
Quelle: Eigene Darstellung

- **COP - Coefficient Of Performance**
 - Laborwert: Wie effizient ist Wärmepumpe?
 - Vergleich von Wärmepumpen-Modellen
- **Vorlauftemperatur**
 - Abhängig von Heizfläche
 - Abhängig von Dämmzustand des Hauses
- **Heizgrenztemperatur**
 - Temperatur, bei der Heizsystem anschaltet
 - Abhängig von Dämmung:
 - 10 °C → Neubau → 186 Heiztage
 - 15 °C → durchschnittliches Haus → 261 Heiztage
 - 18 °C → schlecht gedämmtes Haus → 310 Heiztage
- **Quelltemperatur**
 - Abhängig von Wärmequelle Luft, Erde & Wasser

Effizienz der Gebäudehülle: Wärmebedarf



Effizienz der Gebäudehülle: Energieverluste



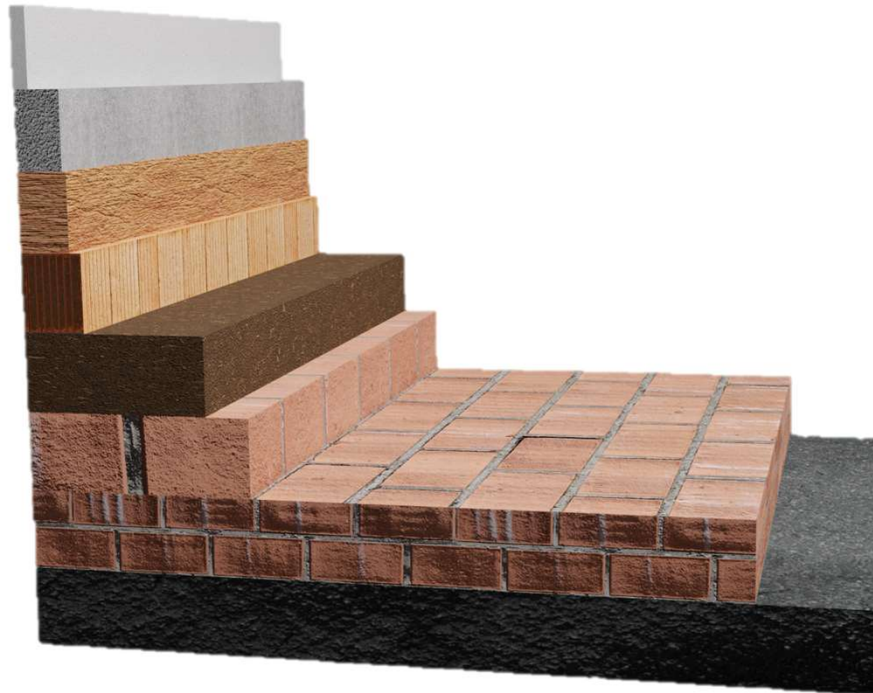
Es gibt drei Arten von Energieverlusten im Haus:

- **Transmission**
- **Lüftung**
- **Anlagentechnik**

Effizienz der Gebäudehülle: Dicke Wand = gute Dämmung?

Gleiche Isolierleistung je Baustoff

Dämmstoff	2 cm
Leichtbetonsteine	6 cm
Nadelholz	6,5 cm
Porenziegel	8 cm
Strohlehm	23,5 cm
Hochlochziegel	29 cm
Klinker	90 cm
Massivbeton	105 cm



Massive (Hochlochziegel-)Wand ist keine Dämmung!

Effizienz der Gebäudehülle



Hauswand unsaniert:

- **Energieverlust: 14.000 kWh/Jahr**
- **1.400 m³ Erdgas / 1.400 L Erdöl / 3.500 kWh Strom**

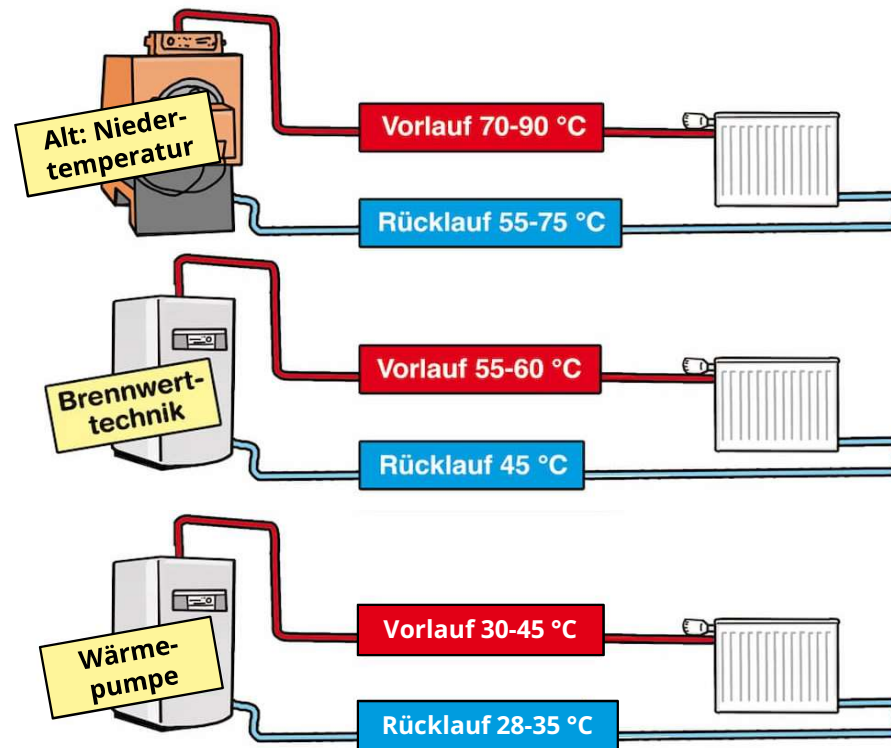
Hauswand saniert:

- Mauerwerk: **Dämmung 12 cm**
- Fenster: **3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung**
- **Energieverlust: 2.200 kWh/Jahr**
- **220 m³ Erdgas / 220 L Erdöl / 550 kWh Strom**

- 84 %

Dämmen lohnt sich!

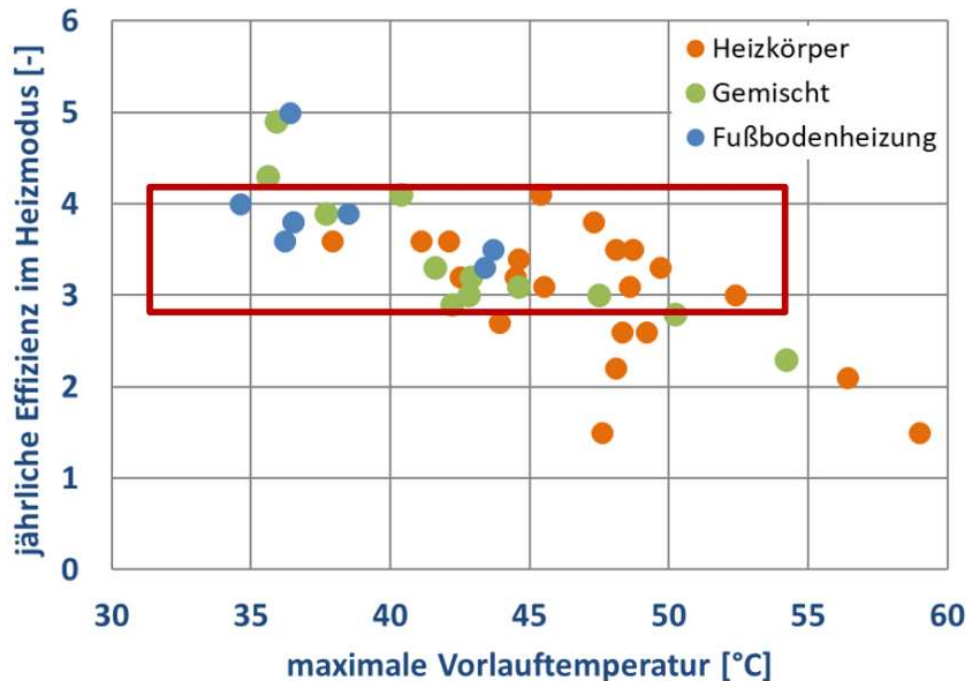
Vorlauftemperatur von Heizsystemen



VL-Temperatur oft höher eingestellt, als fürs Haus notwendig!

Je geringer die Vorlauftemperatur, desto geringer die Energieverluste!

Effizienz der Wärmeverteilung mit Wärmepumpe



- JAZ abhängig von Vorlauftemperatur
- Vorlauftemperatur abhängig von Wärmeverteilung

**JAZ von 3 – 4
auch mit
Heizkörpern im
Bestand möglich**

Wärmepumpe kann mit jedem Verteilsystem effizient betrieben werden!

Vorlauftemperatur senken: Ansätze

**Auch bei
fossiler Heizung
gültig!**

Vorlauftemperatur senken

- Hydraulischer Abgleich
- Heizkurvenoptimierung
- Austausch ungünstige Heizkörper
→ Niedertemperaturheizkörper
- Flächenheizung (Fußboden, Wand, Decke)
- Dämmung

Aufwand

gering

gering

mittel

groß

groß

Effekt

++

++

+++

+++

++++

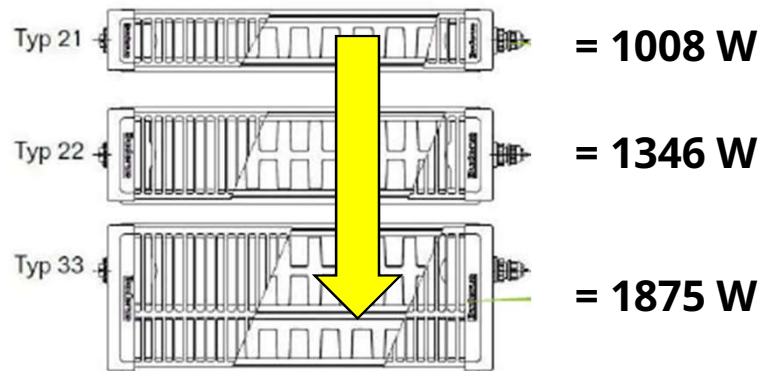
Je abgesenktes °C Vorlauf → Energiebedarf um ca. 2,5 % reduziert!

Vorlauftemperatur senken: Niedertemperaturheizkörper

Größere
Heizfläche
→ mehr Leistung

Einfachste Variante:

→ Heizkörper vergrößern



Weitere Möglichkeit:

→ Integrierte elektrische Lüfter

→ dadurch „virtuell“ größer



Tausch der schwächsten Heizkörper senkt gesamte Vorlauftemperatur!

5. Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeit

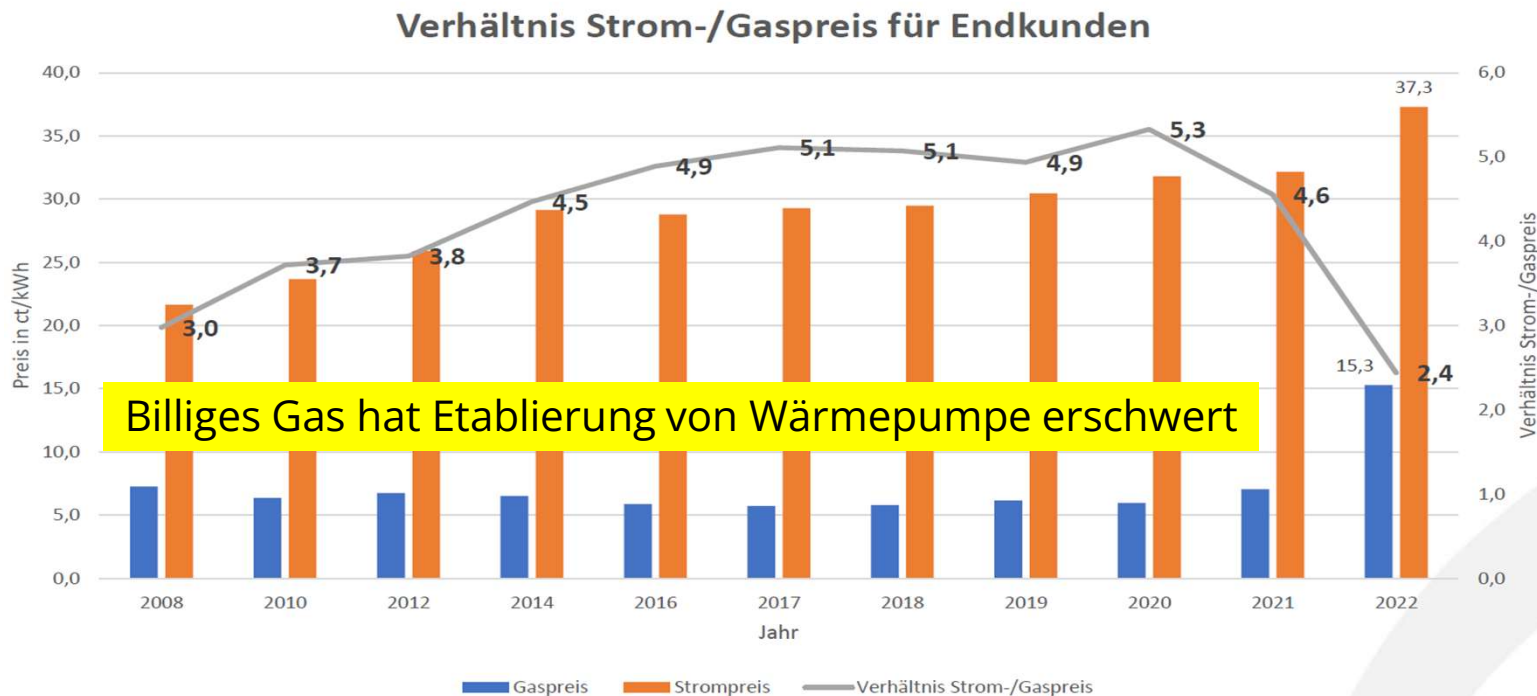
**Wann amortisiert sich eine
Gasheizung?**

Effizienz & Wirtschaftlichkeit

Jede kWh Wärme,
die **nicht durch die Fassade
verloren** geht,
muss **nicht aufwändig
erzeugt** werden!

**Das Gesamtsystem zählt - es ist nicht erstrebenswert, ineffizientes
Gebäude mit effizienter Wärmepumpe zu beheizen.**

Wirtschaftlichkeit: Erdgas oder Wärmepumpe?



Nicht berücksichtigt:

- CO₂-Steuer
- Eigener PV-Strom

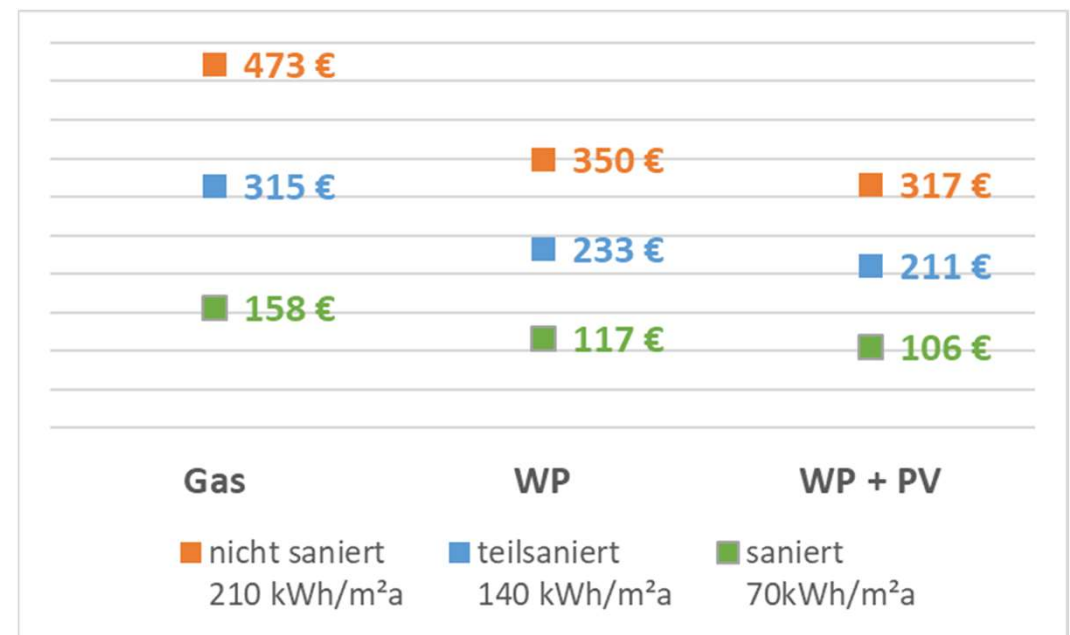
Strom/Gas-Verhältnis kleiner als JAZ → Wärmepumpe günstiger als Gasheizung

Wirtschaftlichkeit: Betriebskosten

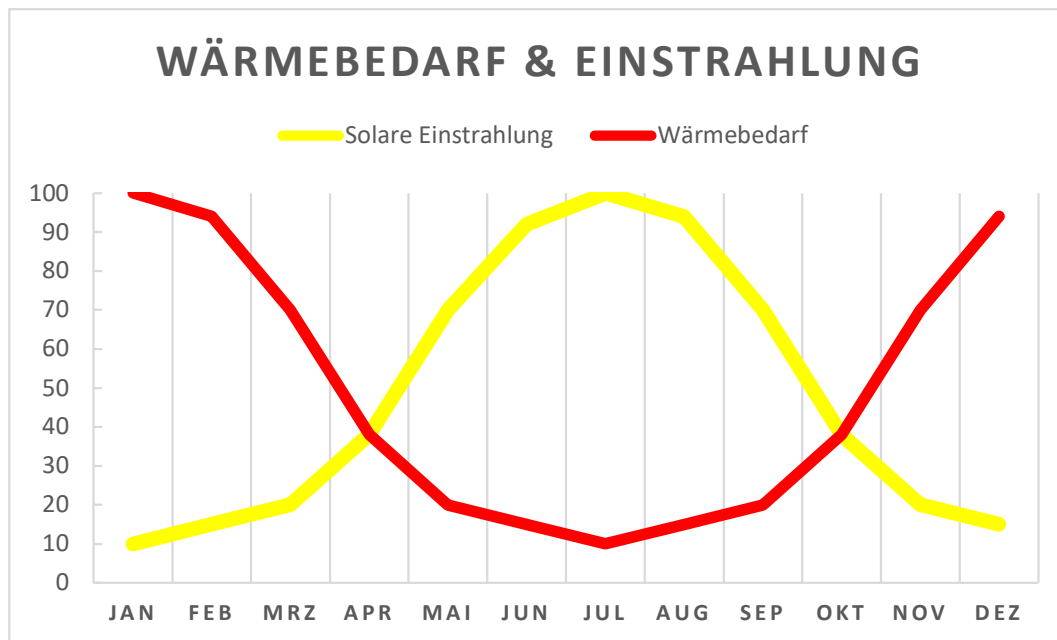
Eckdaten

Wohnfläche: 150 m²
Gas: 0,18 EUR / kWh
Strom Netz: 0,40 EUR / kWh
Strom PV: 0,15 EUR / kWh
PV-Anteil: 15-25 %
WP JAZ: 3

Monatliche Heizkosten



Wärmepumpe und PV: Autarkie



- Ca. **15–25 % Abdeckung** des WP-Bedarfs normalerweise im Bestand mit PV möglich
- **Aber:** Je höher Sanierungsstand, desto höher PV Anteil

**z.B. EH 40:
deutlich
höherer PV-
Anteil**

Autarkie mit PV und Wärmepumpe gegenwärtig nicht möglich!

Wärmepumpe und PV: Beispielrechnung Autarkie



Anschlussleistung
Wärmepumpe:

5 kW

+



Anschlussleistung
PV-Anlage:

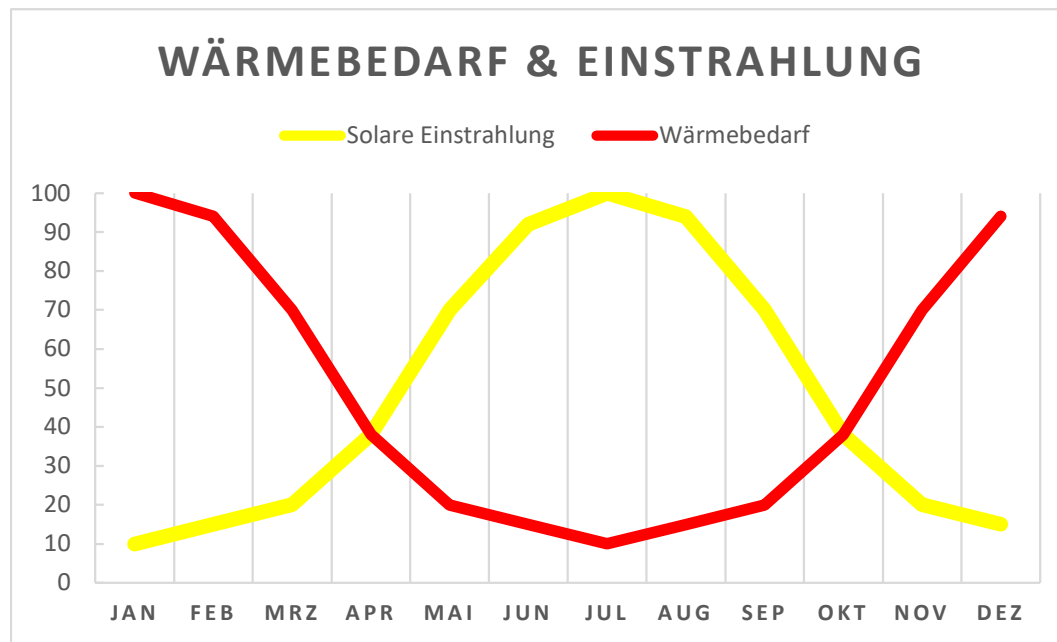
15 kWp

=

**40 - 45%
Autarkie**

Beispiel: WP Anschlussleistung x 3 = PV kWp → 40-45% Abdeckung

Wärmepumpe und PV: Wirtschaftlichkeit



PV-Stromkosten:

- **10–12 Cent/kWh**
- **konstant** für 30–40 Jahre
- Dauerhaft konkurrenzlos günstig!

**Die Sonne
stellt keine
Rechnung!**

**Wärmepumpe mit PV kombinieren → effektive Stromkostenreduktion
→ effektive CO₂-Reduktion**

Wärmepumpe Stromquellen

PV-Nutzung

- über Netzstromkreis nutzbar

Energiemanagment (Smart-Grid)

- PV-Überschüsse können tagsüber als Wärme im Haus gespeichert werden
→ Optimierung der Eigennutzungsquote

Wärmepumpentarif

- Zweiter Stromzähler notwendig
- Steuerbarer Verbraucher (Sperrzeiten möglich)
→ Grund für günstigeres Preisangebot
- Kaskadenschaltung notwendig

6. Beispielhäuser

Beispielhaus 1

Basisinfos	
Baujahr:	1981
Beschreibung:	Freistehendes Zweifamilienhaus mit einem Vollgeschoss sowie beheiztem Keller (Einliegerwohnung)
beheizte Fläche:	250 m²
Energetischer Gebäudezustand:	
Originalzustand	Istzustand
Dach	Dach
Gebäude Wand	Gebäude Wand
Fenster	Fenster



Beschreibung des Versorgungssystems	
Einbaujahr WP	2015
Wärmequelle WP	Außenluft
Wärmerzeuger	Wärmepumpe: RH, TWE Heizstab: RH (im Speicher), TWE (im Speicher) Kaminofen: RH
Wärmeübergabesystem	Mischsystem: 44 % FBH (KG, EG), 56 % Plattenheizkörper und FBH (KG, EG)

Messdaten für die Auswerteperiode Juli 2018 bis Juni 2019			
Spez. Heizwärmeverbrauch*	140 kWh/(m²a)	JAZ 3 (WP & HS)	2,7
T_WP_Heizkreis: mittel	41,3 °C	Verhältnis HS zu Verd.: RH/TWE	0 % / 1 %
T_WP_TWS-Beladung: mittel	46,8 °C	Wärmeanteil der WPA für TWE	7 %

Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen	
Außenwand	Originalzustand
Fenster	Originalzustand
Dach	Originalzustand
Wärmeübergabesystem	Originalzustand
Wärmeerzeuger	2015: Austausch Ölkessel (Bj. 1981) durch Wärmepumpe

Kommentar
* Die Angabe des spez. Heizwärmeverbrauches bezieht sich nur auf die Wärmepumpenanlage. Der Kaminofen wird nach Auskunft der Bewohner während der Projektlaufzeit „nur sporadisch“ genutzt.

Beispielhaus 2

Basisinfos	
Baujahr:	1976
Beschreibung:	Doppelhaushälfte mit einem Vollgeschoss, beheiztem Dachgeschoss sowie teilweise beheiztem Keller
beheizte Fläche:	127 m²
Energetischer Gebäudezustand:	
Originalzustand	Istzustand
Gebäude Dach	Gebäude Dach
Wand	Wand
Fenster	Fenster



Beschreibung des Versorgungssystems	
Einbaujahr WP	2016
Wärmequelle WP	Außenluft
Wärmeerzeuger	Wärmepumpe: RH, TWE Heizstab: RH (im Vorlauf), TWE (im Speicher) Kaminofen: RH
Wärmeübergabesystem	Mischsystem: 14 % Plattenheizkörper (KG), 86 % FBH (EG, DG)

Messdaten für die Auswerteperiode Juli 2018 bis Juni 2019			
Spez. Heizwärmeverbrauch*	120 kWh/(m²a)	JAZ 3 (WP & HS)	3,5
T_WP_Heizkreis: mittel	33,1 °C	Verhältnis HS zu Verd.: RH/TWE	1 % / 2 %
T_WP_TWS-Beladung: mittel	45,9 °C	Wärmeanteil der WPA für TWE	19 %

Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen	
Außenwand	Originalzustand, außer Vorbau im EG: 2019: 200 mm Dämmung (außen)
Fenster	Originalzustand
Dach	2017: 120 mm Dämmung (GW)
Wärmeübergabesystem	2017: Austausch Plattenheizkörper, Einbau FBH
Wärmeerzeuger	2016: Austausch Gaskessel durch Wärmepumpe

Kommentar	
* Die Angabe des spez. Heizwärmeverbrauches bezieht sich nur auf die Wärmepumpenanlage. Der Kaminofen, der in der Garage eingebaut ist und über den senkrechten Durchzug Wohn-/Esszimmer (EG) und Schlafzimmer (DG) mit beheizen kann, wird nach Angabe der Bewohner „an Wochenenden genutzt“ und hat von Herbst 2018 bis Mitte Januar 2019 2,5 Raummeter Holz verbraucht.	

Beispielhaus 3

Basisinfos	
Baujahr:	1976
Beschreibung:	Freistehendes Einfamilienhaus mit einem Vollgeschoss sowie beheiztem Dachgeschoss
beheizte Fläche:	282 m²
Energetischer Gebäudezustand:	
Originalzustand	Istzustand
Gebäude	Dach
Wand	Gebäude
Fenster	Dach
	Wand
	Fenster



Beschreibung des Versorgungssystems	
Einbaujahr WP	2013
Wärmequelle WP	Außenluft
Wärmeerzeuger	Wärmepumpe: RH, TWE Heizstab: RH (im Speicher), TWE (im Speicher)
Wärmeübergabesystem	Mischsystem: 77 % Heizkörper (EG, DG, KG), 9 % FBH (EG), 13 % Heizkörper und FBH (EG); Heizkörper sind teils Platten- und teils Gliederheizkörper

Messdaten für die Auswerteperiode Juli 2018 bis Juni 2019			
Spez. Heizwärmeverbrauch	99 kWh/(m²a)	JAZ 3 (WP & HS)	2,9
T_WP_Heizkreis: mittel	39,5 °C	Verhältnis HS zu Verd.: RH/TWE	0 % / 0 %
T_WP_TWS-Beladung: mittel	43,9 °C	Wärmeanteil der WPA für TWE	24 %

Informationen zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen	
Außenwand	Originalzustand
Fenster	2-fach-Verglasung (Wärmeschutz)
Dach	1996: 140 mm Zwischensparrendämmung (PS); Oberste Geschossdecke: 40 mm Dämmung (PS)
Wärmeübergabesystem	Originalzustand
Wärmeerzeuger	2013: Austausch Öl-/ Holzkessel (Bj. 1976) durch Wärmepumpe

Kommentar

7. Förderung

Förderung

(Stand: 18.10.2022)

Heizungstauschbonus:

- Ölheizung
- Gasheizung
- 20 Jahre alt

Wärmepumpenbonus:

- Erd-Wärmepumpe
- Grundwasser-Wärmepumpe oder
- Natürliche Kältemittel-Bonus

Einzelmaßnahmen Zuschuss	Zuschuss	iSFP- Bonus	Heizungs- tausch- Bonus	Wärme- pumpen- Bonus	Max. Förder- satz	Fach- planung
Solarthermie	25 %				25 %	50 %
Biomasse	10 %		10 %		20 %	
Wärmepumpe (JAZ 2,7)	25 %		10 %	5 %	40 %	
Innovative Heizungstechnik	25 %		10 %		35 %	
EE-Hybrid ohne Biomasseheizung	25 %		10 %	5 %	40 %	
EE-Hybrid mit Biomasseheizung	20 %		10 %	5 %	35 %	

8. Häufige Fragen

Auslegungstemperatur der Wärmepumpe

Was sagt die DIN 12831:

- Wärmepumpe muss bei -15°C Außentemperatur Haus auf $+20^{\circ}\text{C}$ heizen

Was sagt die Statistik und Physik zur Auslegungstemperatur:

- **Klimawandel** verschiebt Auslegungstemperatur weiter nach oben
- Statistik: -15°C an 10 Tagen in 20 Jahren: $10 \text{ Tage} / 7300 \text{ Tage} = \mathbf{0,137\% \text{ Anteil}}$
- **Interne Wärmegewinne** im Haus (elektr. Geräte, Sonne, Bewohner etc.) nicht berücksichtigt
- **Überdimensionierung** der Heizkörper (Einbau per „Pi mal Daumen“)

→ Wärmepumpe etwas kleiner auslegbar als Berechnung vorgibt!
→ Auslegungstemperatur ohne Komforteinbußen um $2-3^{\circ}\text{C}$ erhöhen!

Luft-Wasser-Wärmepumpe: Abstandsregelung

Abstand zur Grundstücksgrenze

- 3m Abstand eigene Gebäude zu Nachbargrundstück
- Gehört Wärmepumpe zum Gebäude?
 - Unterschiedliche Gerichtsurteile
 - Gesellschaftliche Notwendigkeit gegeben!

NEU ab 01.01.2024: bei Luft-Wasser WP: Anforderungen an die Geräuschemission des Außengerätes min. **5 % niedriger** als in der Ökodesign-Verordnung angegeben

Luft-Wasser-Wärmepumpe: Lautstärke

Maßnahmen zur Schallreduzierung

- Aufstellung **Richtung Straße**
- **Nicht zwischen Mauern**
- **Innenaufstellung** (Monoblock)
- **Schallschutzhauben**
- **Leise Geräte**
- Abstand zum Nachbarn
- Im Vorfeld **mit Nachbarn sprechen**

Berechnung mit Tool des BWP:

www.waermepumpe.de/schallrechner/

Art des Gebiets nach Bauverordnung	Lautstärkegrenze Tag (ab 6:00 Uhr)	Lautstärkegrenze Nacht (ab 22:00 Uhr)
Reine Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)
Allg. Wohngebiete & Kleinsiedlungen	55 dB(A)	40 dB(A)
Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)



Komplexität des Heizsystems

... weniger Investition

... weniger Regelung

Komplexität
niedrig ...

... weniger Defekte

... weniger Wartung

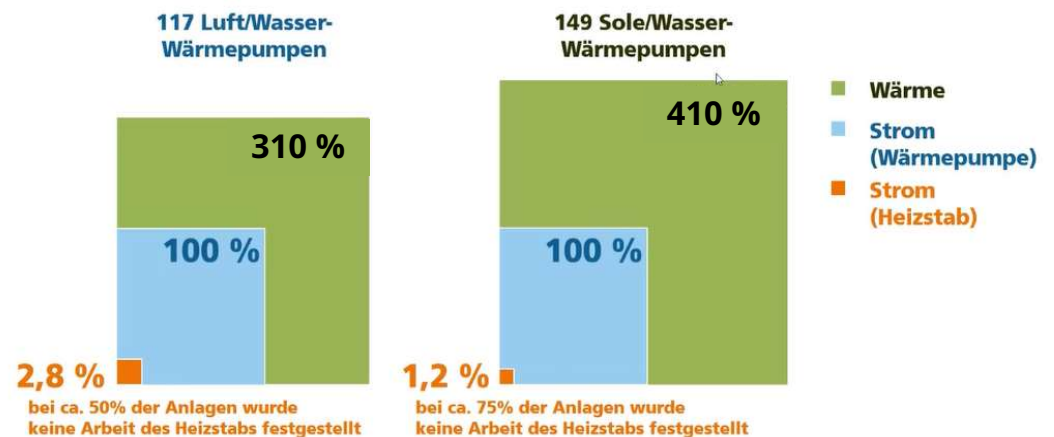
... weniger „Energiefresser“

**Planung: Wärmepumpensystem so einfach wie möglich
und nur so komplex wie notwendig.**

Elektrische Heizstäbe

- Elektrischer Heizstab hat bestenfalls „JAZ = 1“
- Oft überhaupt **nicht in Gebrauch**
- Investitionskosten ca. 1000-2000 EUR

Wie oft arbeiten Heizstäbe?



Effizienz der Wärmepumpe bei -5 °C bei z.B. Faktor 2 (statt 3)
→ Heizstab bei moderner Wärmepumpe nicht zwingend notwendig

Pufferspeicher

Pro

- Hydraulische Weiche: Trennung von Erzeuger- und Verbraucherkreis
- Gegebenenfalls notwendig für Warmwassererzeugung
- Nachtstromtarif nutzen / Sperrzeiten überbrücken
- PV-Strom als Warmwasser speichern

Contra

- Zusätzliche Komponente mit Energieverlust
- Mehrkosten für Anschaffung des Pufferspeichers
- Zusätzliche Komplexität

Pufferspeicher **so klein wie möglich!**

9. Fazit

Fazit: Wärmepumpe

**Wärmepumpe
funktioniert bei
Minusgraden!**

**Im Winter muss
man mit
Wärmepumpe nicht
frieren!**

**Wärmepumpe im
ungedämmten Haus
möglich, aber selten
sinnvoll!**

**Wärmepumpe auch
ohne
Fußbodenheizung
möglich!**

Aus technischer Sicht spricht wenig gegen den Einsatz einer Wärmepumpe!

Fazit: Wärmepumpe

**Bei JAZ = 2 mit
deutschem Strommix
bereits ökologischer
als Heizen mit Gas!**

**Ist mit Strom heizen
teuer?
Kommt auf JAZ und
Gebäudehülle an!**

Stromquellen:

- Dach-PV
- Windkraft
- Netz-Strommix
(50 % erneuerbar)

**Wärmepumpe nutzt
Strom sehr effektiv
→ keine
Stromheizung!**

**Wärmepumpe reduziert effektiv CO₂-Emissionen.
→ Bei sinnvollem Einsatz (Dämmung!) wird der Geldbeutel geschont.**

10. Wie geht's weiter?

Wie geht's weiter?

Machen Sie selbst den Wärmepumpentest!

1. Voraussetzung: Geeignete Klimabedingungen, **konstant (kalte) Außentemperaturen** (Novembertag ohne Sonne)
2. **Heizungspumpendrehzahl rauf** (höchste mögliche Stufe)
3. **Nachtabenkung abschalten**
4. **Heizkörper voll aufdrehen**
5. **24 Stunden warten** – Raumtemperaturentwicklung beobachten
6. **Heizkurve schrittweise absenken**, bis gewünschte Raumtemperatur noch erreicht wird. Nach jedem Schritt mind. 24 Stunden beobachten.
7. **Zieltemperatur: 21 °C** in Wohnräumen ausreichend!
8. **Absenkung im laufenden Betrieb** nur durch Betreiber*in möglich.

VL-Temperatur kleiner 50 °C → Gute Basis für Einsatz von Wärmepumpe

Kontakt

Martin Knaus

Energieberater

Telefon: 089 / 277 8089 -17

E-Mail: martin.knaus@ea-ebe-m.de

Martin Handke

Energieberater

Telefon: 089 / 277 8089 -15

E-Mail: martin.handke@ea-ebe-m.de

Energieagentur Ebersberg-München gGmbH

Altstadtpassage 4 . 85560 Ebersberg

Münchener Straße 14 . 85540 Haar

Münchner Straße 72 . 85774 Unterföhring

Stand: 17.01.2023

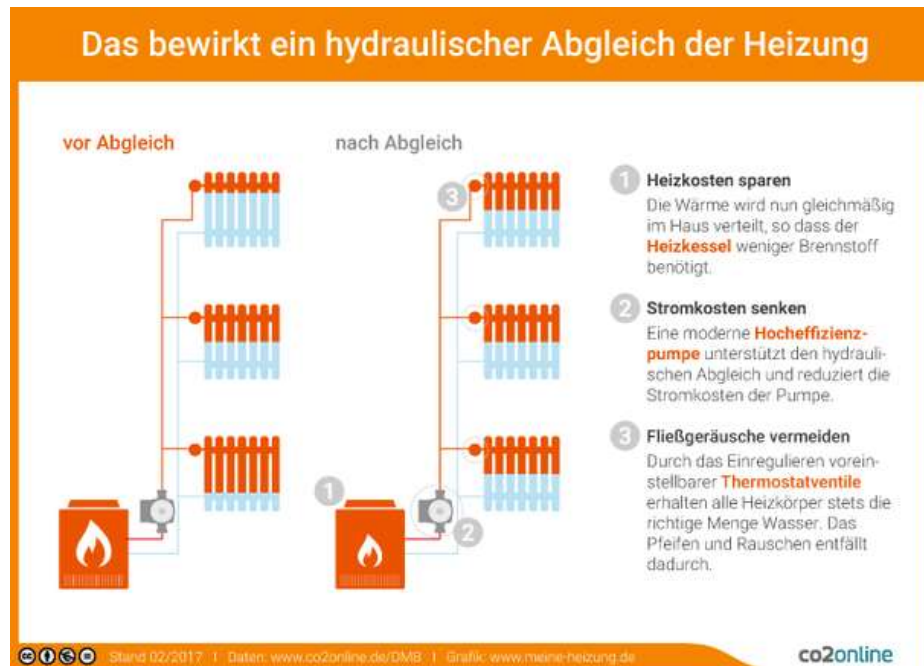
**Nachfolgend ANHANG – nicht
Bestandteil des Vortrags!**

5 Minuten Videos

1. Technologie & Quellen
2. Kosten & Förderung
3. Wärmepumpencheck

Vorlauftemperatur senken: Hydraulischer Abgleich

Bestandsgebäude
zu 80% ohne
hydr. Abgleich



Vorgehensweise

- Ermittlung des **Heizleistungsbedarfs** je Raum
- Ermittlung der **verfügbaren Heizkörperleistung**
- **Anpassung der Heizkörperleistung** auf Heizleistungsbedarf (Durchflussmengenanpassung)
- **Absenken der Vorlauftemperatur**

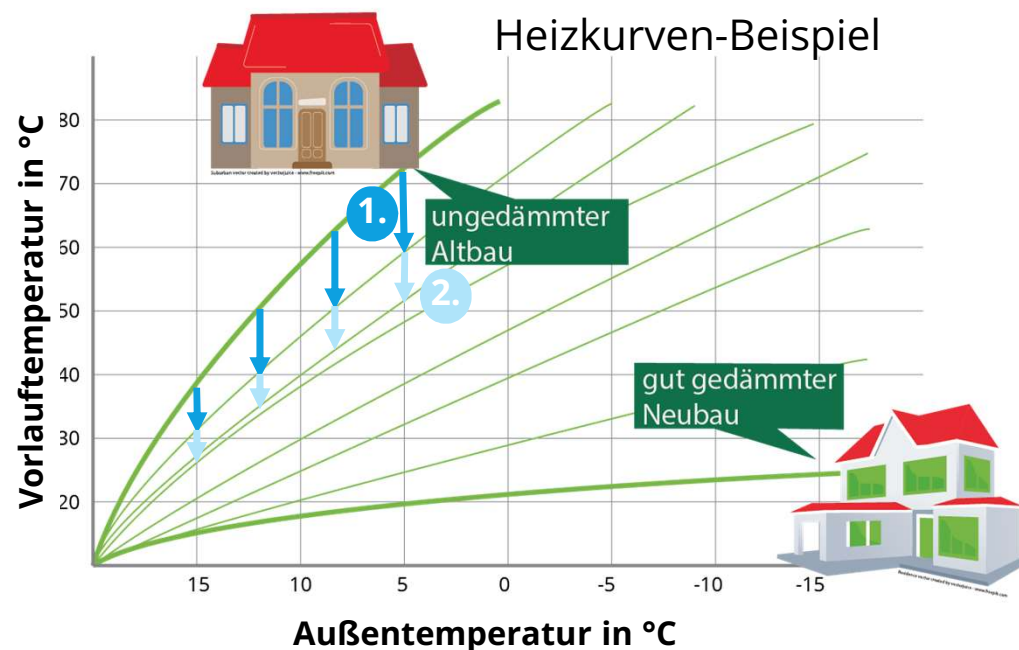
Hydraulischer Abgleich spart oft 5 – 10 % der Heizenergie ein!

Vorlauftemperatur senken: Heizkurvenoptimierung

Vorgehensweise (vgl. Wärmepumpentest)

- An kalten Wintertagen: Alle Heizkörper im Haus voll aufdrehen
- Schrittweises Absenken der Vorlauftemperatur (z. B. um 2 Grad je 24h) → vgl. 1. 2.
- So lange wiederholen, bis die Zieltemperatur in den Räumen gerade noch erreicht wird (z. B. 20 °C im Wohnzimmer)

Die so ermittelte Vorlauftemperatur reicht aus, um das Haus im aktuellen Zustand zu heizen.



Heizkurvenoptimierung spart oft 5 –10 % der Heizenergie ein!

Vorlauftemperatur senken: Flächenheizung

Fußbodenheizung

- In neuen Estrich einbetten
- In Bestands-Estrich fräsen



Wandflächenheizung

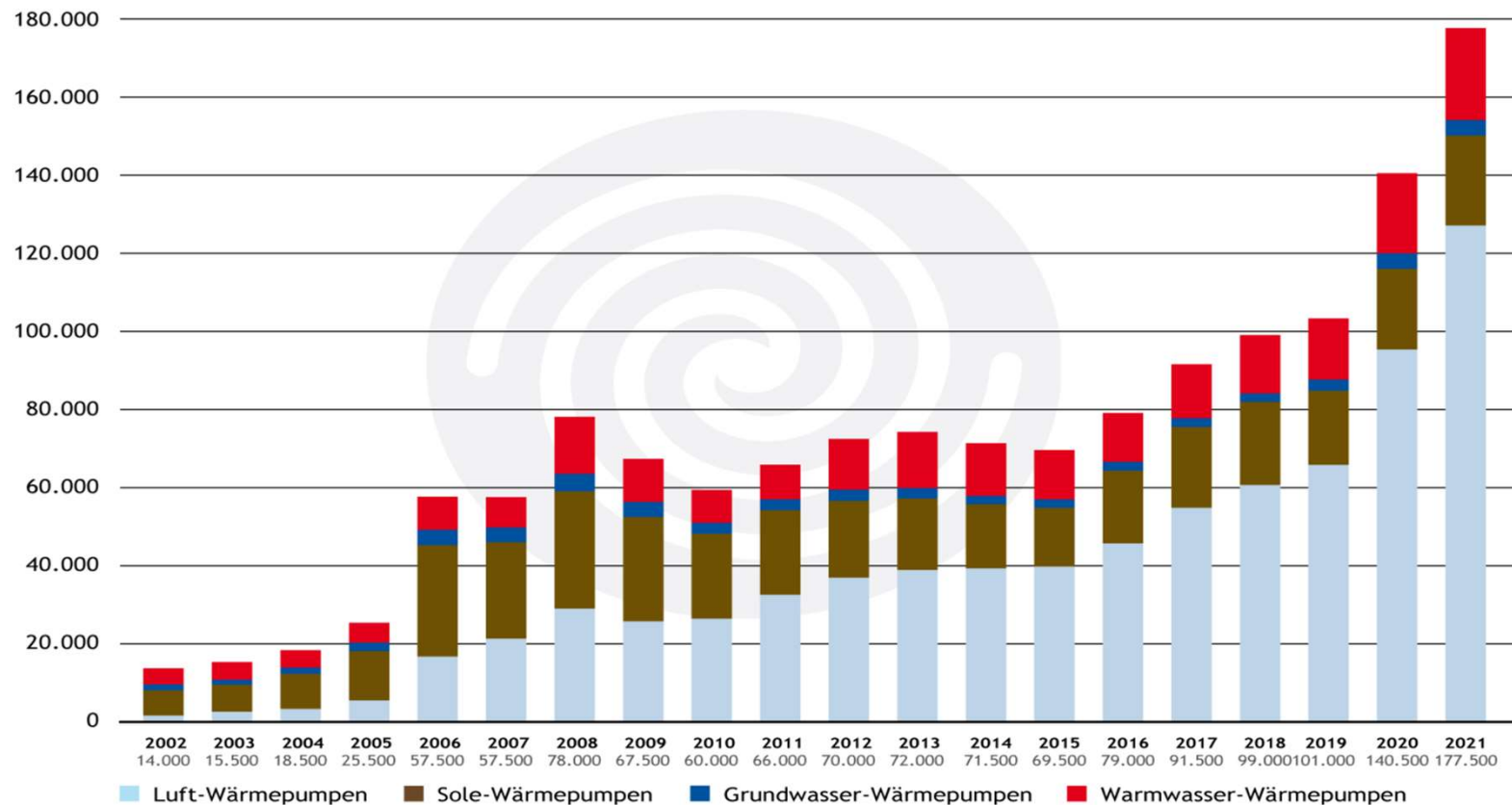
- In Innen- und Außenwände integrierbar



Flächenheizungen ermöglichen niedrigste Vorlauftemperaturen!

Was ist die Realität?

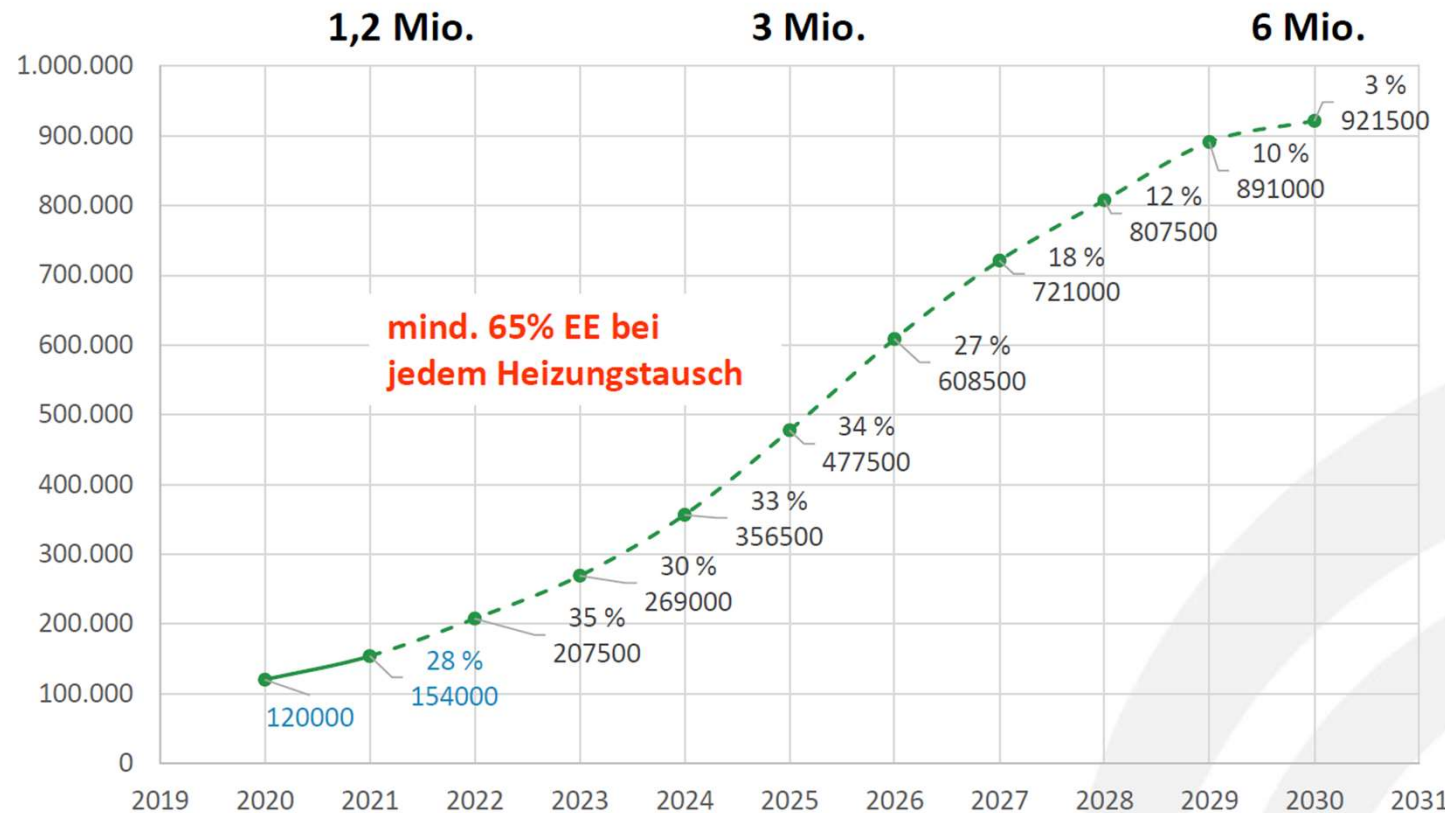
Absatzentwicklung Wärmepumpen in Deutschland 2002-2021
Nach Wärmepumpentypen



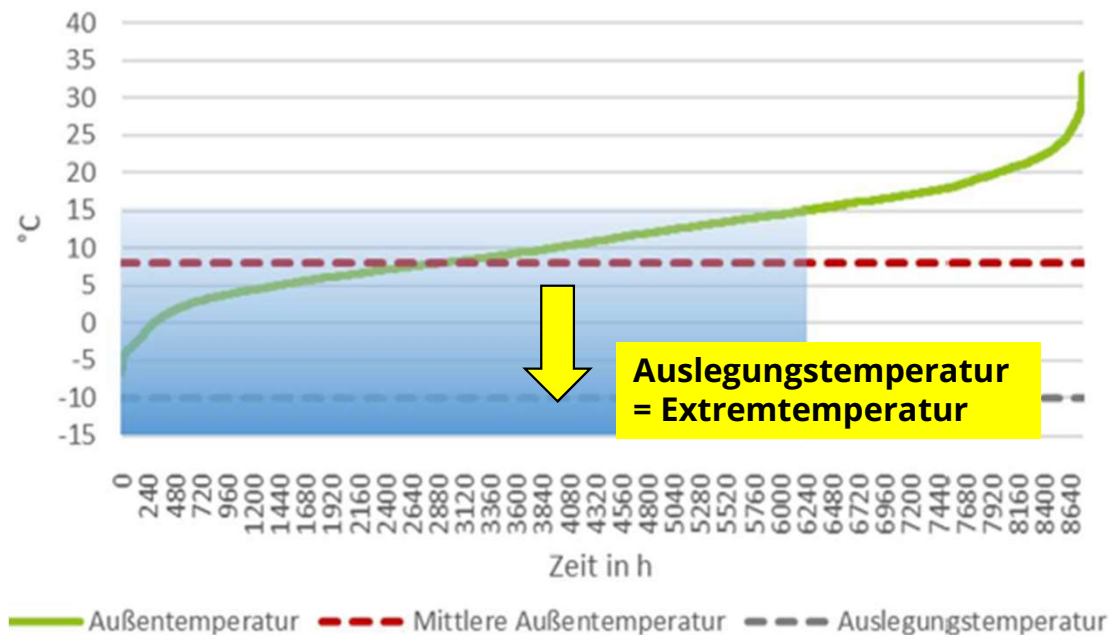
Was ist der Plan?

Geplanter jährlicher Ausbau Wärmepumpen in Deutschland

Gesamtanzahl Wärmepumpen in Deutschland



Auslegungstemperatur



Norm-Heizlast nach DIN 12831

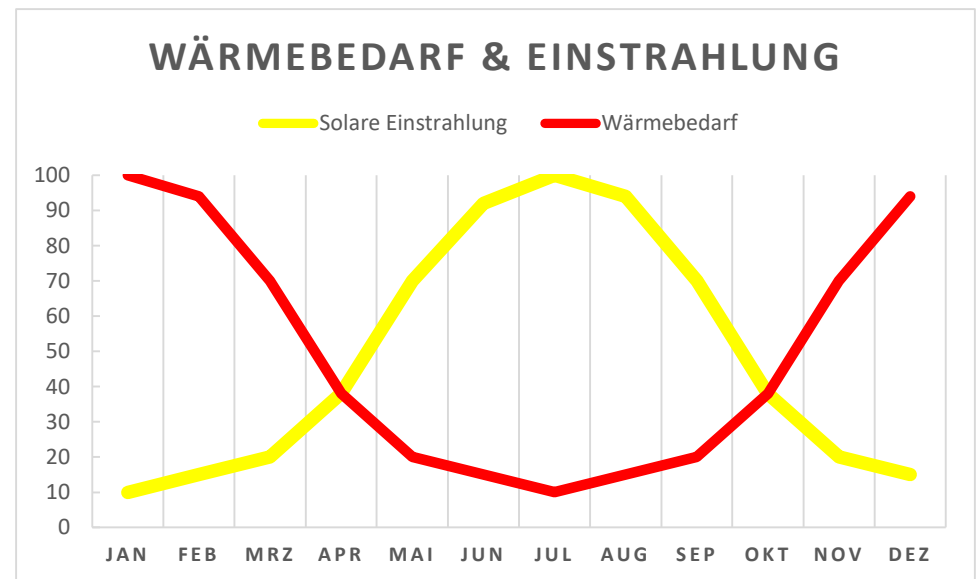
- Heizkörper muss bei **-15°C über 48h** Raum auf 20 °C heizen können
 - entspricht den kältesten 10 Tagen in 20 Jahren

→ **Auslegungstemperatur ohne Komforteinbußen um 2-3°C erhöhen!**

Solarthermie

Solarthermie:

- Deckt ca. **15 %** des Wärmebedarfs
- Liefert wenig Wärme in Heizperiode
- Macht das System **komplexer**
- **Pufferspeicher** notwendig



Wenn vorhanden und funktionsfähig → **Weiternutzung möglich.**
Wenn Austausch zeitnah ansteht → **Nachnutzung der Fläche durch PV.**

Kachelofen

Kachelofen nicht notwendig, wenn Wärmepumpe für Haus ausgelegt.

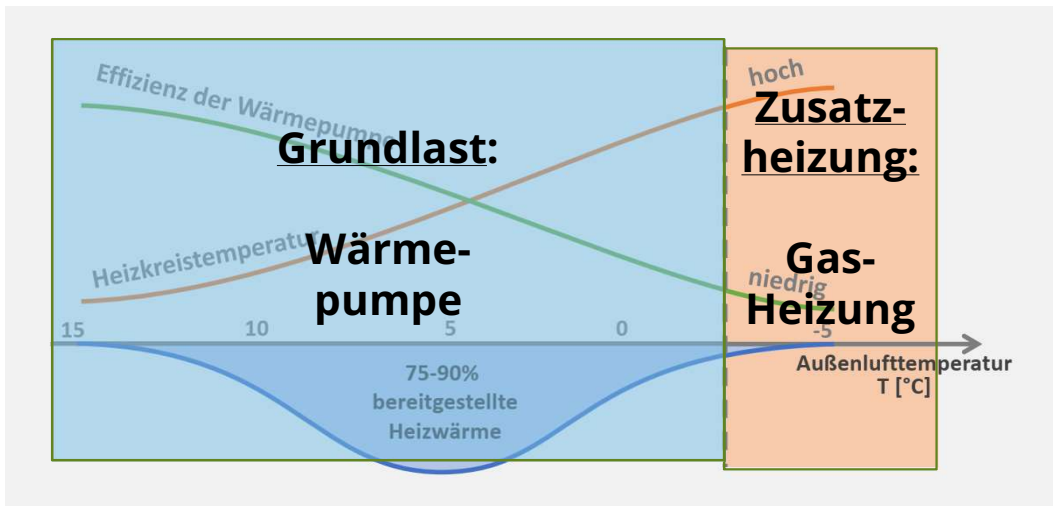
Wenn bereits vorhanden

- als Zusatzheizung für **extreme Kältephasen**
- Wärmepumpe für höhere Temperaturbereiche auslegen



Wenn vorhanden und funktionsfähig
→ als **Zusatzheizung für extreme Kältephasen** einsetzbar.
ABER: Ineffizient, CO₂, Feinstaub, Kaminkehrer notwendig

Hybrid-Wärmepumpen-Heizung



Vorteile

- Wärmepumpe für höhere Systemtemperatur auslegbar

Nachteile

- Komplexeres System
- Anschaffungskosten

Nach Stand der Technik **nicht notwendig**, wenn:

- Wärmepumpe sinnvoll ausgelegt
- Energieverluste im Haus bereits reduziert

Brauchwasser

Brauchwasser ist gegenwärtig üblicherweise bei 55 °C

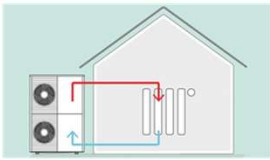
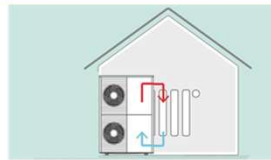
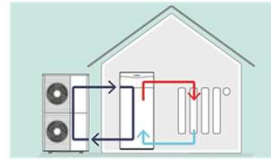
- 55 °C wäre begrenzender Faktor bei Absenkung der Vorlauftemperatur
- Welche Temperatur? → 45 °C reichen aus
- Keine Anforderungen bei EFH (< 3 L in Zirkulation)
- Brauchwasser-Wärmepumpe?
- Heizschwert?
- Dezentrale Erzeugung?



Beispiel einer Warmwasser-Wärmepumpe

Oft ist keine separate Brauchwasser-Wärmepumpe notwendig!

8. Luft-Wasser-Wärmepumpe

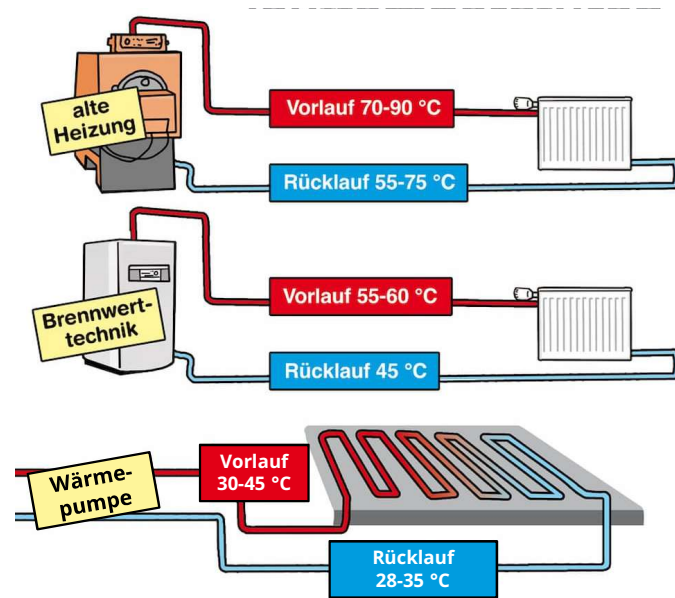
Wärmepumpen-Typ	Monoblock außen	Monoblock innen	Split
Prinzip			
Eingriff in Gebäudehülle	Minimaler Eingriff in Gebäudehülle (für Zirkulation Warmwasser)	Großer Eingriff in Gebäudehülle (für Zu- und Abluft)	Minimaler Eingriff in Gebäudehülle (für Zirkulation Kältemittel)
Platzbedarf im Haus	geringer	größer	größer
Installationsaufwand	einfach	größer	größer
Anschaffungskosten	niedriger	mittel	höher
Kompaktheit	kompakt	kompakt	2 Einheiten externe Zirkulation Kältemittel
Wärmetransport	teils große Distanzen	geringe Distanzen	teils große Distanzen
Kältemittel	Geschlossenes System innerhalb WP: Keine Kontrolle notwendig	Geschlossenes System innerhalb WP: Keine Kontrolle notwendig	wird außerhalb von WP verlegt: Kontrolle notwendig
Einfriergefahr Kältemittel	bei Nichtbetrieb	kein Einfrieren	bei Nichtbetrieb
Lautstärke	Lautstärkeanforderung	keine Lautstärkeanforderung	Lautstärkeanforderung
Abstand	Abstandsregelung (Nachbar: 3m)	keine Abstandsanforderung	Abstandsanforderung (Nachbar: 3m)
Kondensat	kein Ablauf notwendig	Ablauf notwendig	kein Ablauf notwendig
Flexibilität	keine Flexibilität	keine Flexibilität	Flexibilität bei Leistung Flexibilität bei Aufstellort

Kein System ist generell besser → es kommt immer auf Gebäude-Situation an!

Themen

1. Bund vs. Realität
2. Wärmepumpe: Technisch - Ökologisch - Ökonomisch
3. Funktionsweise Wärmepumpe
4. Effizienz von Wärmepumpe und Gesamtsystem
5. Vorlauftemperatur
6. Wärmepumpe und PV
7. Wirtschaftlichkeit & Betriebskosten
8. Luft-Wasser-Wärmepumpe
9. Beispielhäuser
10. Förderung
11. Häufige Fragen
12. Fazit
13. Wie geht's weiter?

5. Vorlauftemperatur

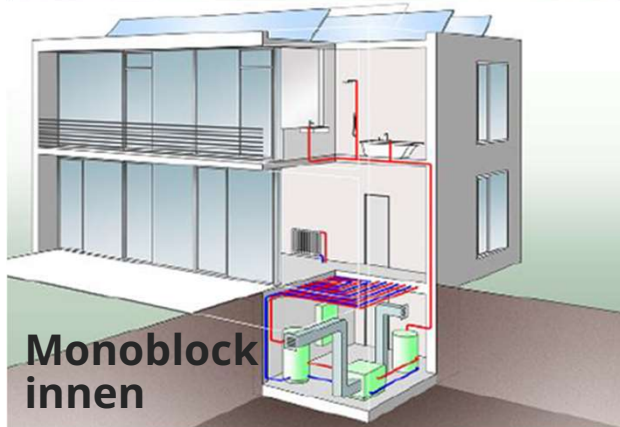
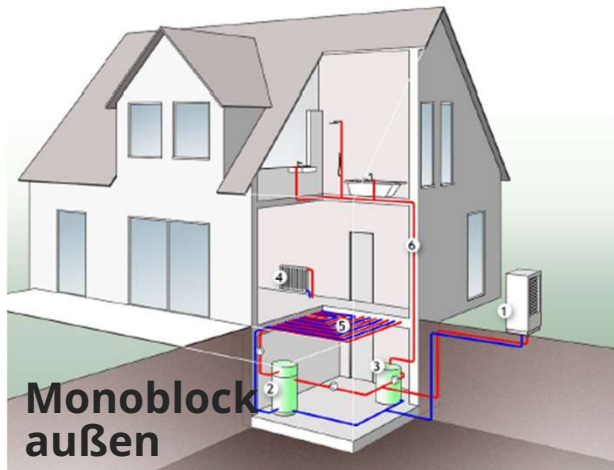


**Oft höher
eingestellt, als
im System
notwendig!**

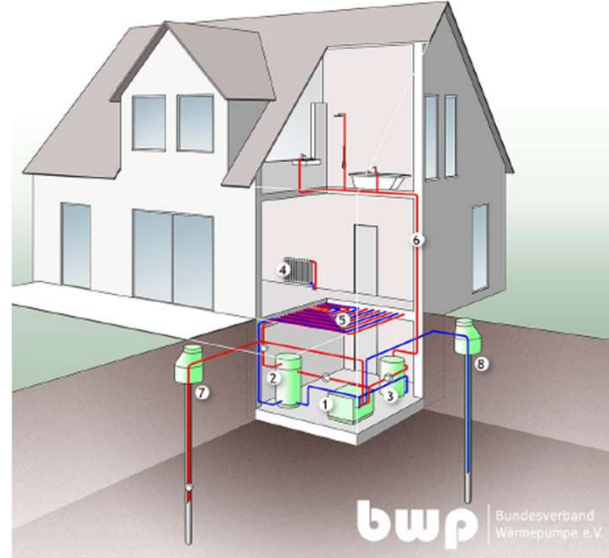
Je geringer die Vorlauftemperatur, desto geringer die Energieverluste!

3. Wärmepumpen-Typen

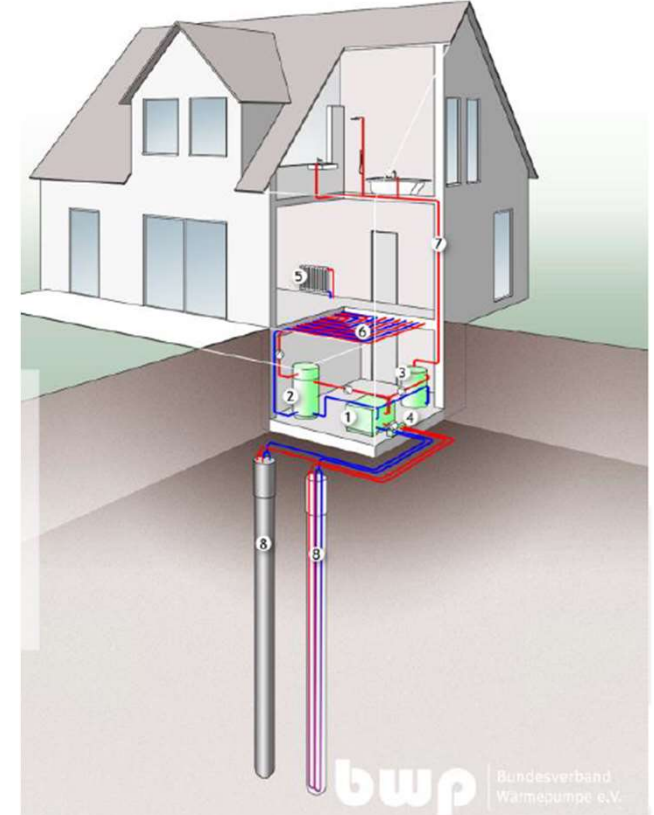
Luft-Wasser



Grundwasser



Erd-Sole



10. Wie geht's weiter???

Bestandsaufnahme für Wärmepumpeneinbau

- Gebäudehülle
- Verbrauchsdaten/ Anforderungen
- Ermittlung der Heizlast
- Wärmeübergabesystem
- Trinkwarmwasserbedarf
- Wärmeerzeuger und –verteilsystem
- Grundstück, Platzbedarf (Wärmequelle)

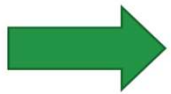


13. Wie geht's weiter

2. Heizlastermittlung

Sie wird benötigt für:

- die Berechnung und Auswahl von Heizflächen
- die Festlegung der Systemtemperaturen
- die Festlegung der Betriebsweise
- die Dimensionierung des Wärmeerzeugers
- die Dimensionierung von Anlagenkomponenten
- die Berechnung des hydraulischen Abgleichs

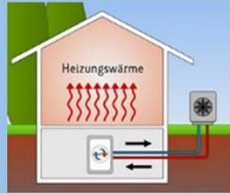
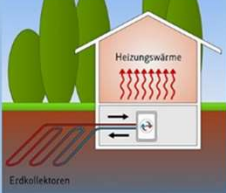
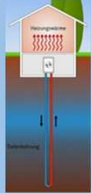
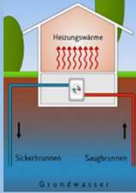


- Analyse des Heizverhaltens



- Weitere Sanierungsmaßnahmen berücksichtigen (Dämmung, Fenster, Dach, etc.)! Geringere Auslegung möglich!!!

11. Übersichts-Matrix

Wärmepumpen-Typ	Luft-Wasser-Wärmepumpe	Erd-Sole-Wärmepumpe (Erdkollektor)	Erd-Sole-Wärmepumpe (Tiefenbohrung)	Grundwasser-Wärmepumpe
Prinzip				
JAZ	3 (±1)	3,5 (±1)	4 (±1)	3,5 (±1)
Quelltemp. (Bereich)	-10 bis +35°C	+8 bis +10°C	+8 bis +12°C	+8 bis +10°C
Quelltemp. (Stabilität)	Schwankt (Umgebungsluft)	konstant		
Anschaffungskosten	10.000-20.000 EUR	15.000-25.000EUR	20.000-35.000EUR	15.000-25.000EUR
Wartungskosten / Jahr	ca. 300 EUR/Jahr			
Flächenbedarf (Einbau)	1m ²	1,5 bis 2,0-fache Wohnfläche	12m ² Zufahrt für Bohr-LKW	12m ² Zufahrt für Bohr-LKW
Flächenbedarf (Betrieb)	ca. 1qm (+ Pufferspeicher)			
Lautstärke	Im Außenbereich: Dämmung!	keine Geräuschentwicklung		
Abstand	3m zum Nachbargrundstück	keine Abstandsregelung		
Anforderung		große Gartenfläche	Behördliche Zulassung Zufahrtsmöglichkeit	Behördliche Zulassung Zufahrtsmöglichkeit Verfügbarkeit Grundwasser
Risiken	Lautstärke	Wurzeln Bepflanzung		Grundwasserspiegel Quelltemperatur Wasserqualität
Umsetzbarkeit	in jedem Haus	nicht in enger Bebauung	teils auch in enger Bebauung	teils auch in enger Bebauung
Genehmigungspflichtig	nein	nein	ja	ja

11. Hocheffizienz-Heizungspumpe

Alte Heizungspumpe oft größter Stromverbraucher im Haus

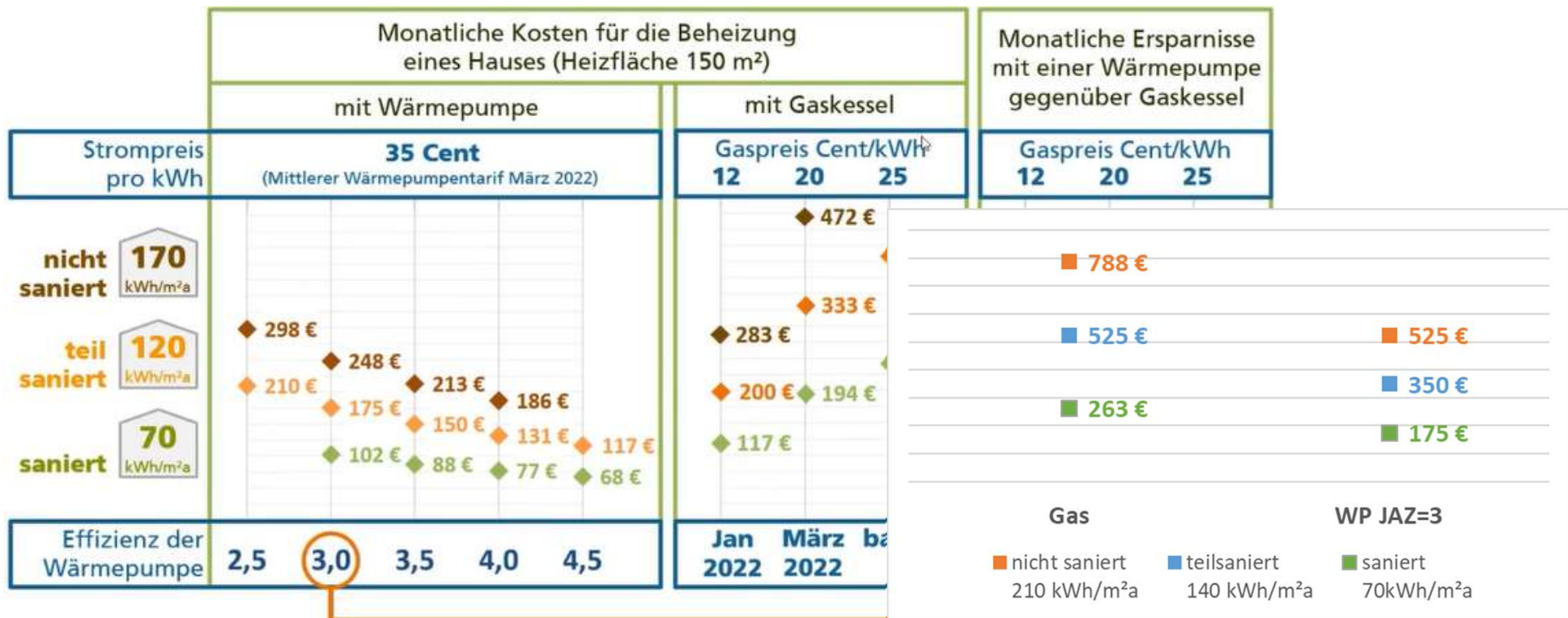
- Bei Heizungsmodernisierung unbedingt durch Hocheffizienzheizungspumpe ersetzen lassen

Sollte bei Einbau einer Wärmepumpe verbaut werden

→ Lohnt sich aber immer, auf Hocheffizienz-Heizungspumpe zu wechseln

Einfachere Darstellung mit einer JAZ oder das hier lassen

6. Monatliche Betriebskosten



7. Photovoltaik

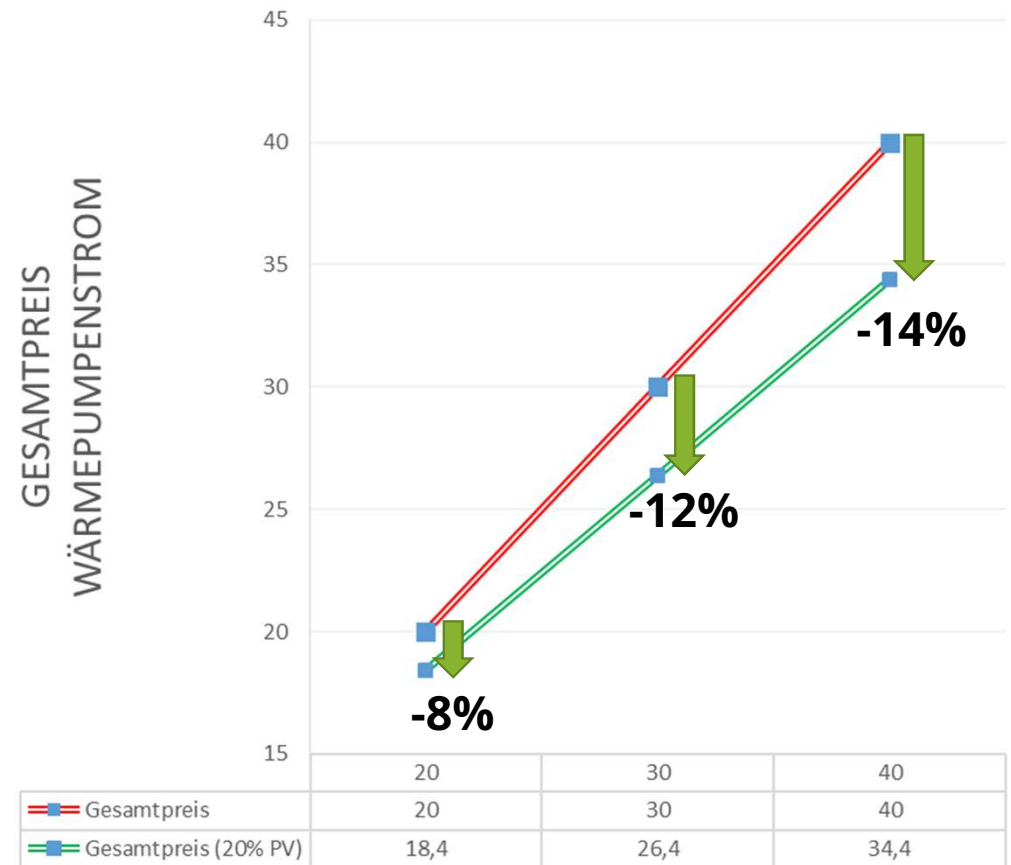
PV Strom senkt Gesamtstromkosten

- PV Stromkosten:
 - **10-12 Cent/kWh**
 - **konstant** für 30-40 Jahre

PV und Wärmepumpe
→ **sinnvolle Kombination**

Bildquelle: eigene Fotos

PV EINFLUSS AUF STROMPREIS
[CENT/KWH]



10. Fazit

Wärmepumpe im Bestandsgebäude:

- Aus technischer Sicht **spricht nichts gegen den Einsatz** von Wärmepumpe
- Wärmepumpe **funktioniert auch sehr gut mit Heizkörpern**
- Gegenwärtige Energiepreise machen **Wärmepumpe wirtschaftlich attraktiv**
- **Dämmen senkt Strombedarf** der Wärmepumpe
- **Kombination mit PV-Anlage** macht Wärmepumpe noch attraktiver
- Effektive **Reduzierung der CO₂-Emissionen**

→ Man muss auch in Zukunft im Winter nicht frieren! ←

WP Strom

→ ist das noch relevant?

Kaskadenschaltung

→ nicht für eigenheim?

Vorurteile Wärmepumpe

1. Nur bei **Flächenheizung** einsetzbar
2. Wärmepumpe **nicht kompatibel mit Heizkörpern**
3. **Nur in Neubau** umsetzbar
4. **Nicht wirtschaftlich und ökologisch**
5. Bei kalten Temperaturen ($<0^{\circ}\text{C}$) wird **nur mit Strom geheizt**
6. Schafft Altbau nicht zu beheizen
7. **Kein Platz** auf Grundstück
8. Wärmepumpe ist **zu laut**

→ Von wem kommen solche Vorurteile? WP Besitzer, Lobby, Sanitärinstallateuren, Kaminkehrer, Wissenschaftler?

Wärmeerzeugung



Quellen: eigenes Foto, Fotomontage

9. Preisliche Entwicklung & Verfügbarkeit

- **Momentan Nachfrageüberschuss**
- **Wärmepumpen-Hersteller investieren in neue Werke, da sich Technik im Neubau durchgesetzt hat (ca. 70% Marktanteil) und im Bestand immer mehr durchsetzt**
- **Mit zunehmender**

JAZ

JAZ – Jahresarbeitszahl

- Betrachtungszeitraum: **1 Jahr**
- gibt Verhältnis des Jahresertrages an Heizenergie zur aufgewendeten Antriebs- und Hilfsenergie an
- Berücksichtigt Effizienz beeinflussende Faktoren vom betrachteten Haus

→ Aussage bzgl. **Effizienz des gesamten Heizsystems**

COP

COP - Coefficient of Performance

- **Momentaufnahme**
- betrachtet Effizienz **ausschließlich der Wärmepumpe**
- Ermittelte Effizienz unter **Laborbedingung**

→ Aussage bzgl. **Vergleichbarkeit** verschiedener Modell-Typen

Bedeutung JAZ bzw. COP = 3,7

1kWh Arbeitsenergie (Strom) erzeugt 3,7 kWh Wärmeenergie

Ggfs auf zwei Folien oder kürzer fassen

COP - Coefficient of Performance

COP - Coefficient of Performance

- **Momentaufnahme**
 - betrachtet Effizienz **ausschließlich der Wärmepumpe**
 - Ermittelte Effizienz unter **Laborbedingung**
 - Vergleichbarkeit von Modell-Typen
 - Standardangabe: COP **A2/W35** (Laborbedingung):
 - Umgebungswärme = **2°C**
 - Vorlauftemperatur = **35°C**
 - **Vorsicht: teilweise wird COP als **A7/W45** angegeben:**
 - Umgebungswärme = **7°C**
 - Vorlauftemperatur = **45°C**
 - Dieser COP Wert kann höher ausfallen
- DATENBLATT, WP kann bis 70°C was bedeutet das!!!

? WP Monovalent WP Bivalent

Wärmeversorgung nur durch WP

- Einfacher Systemaufbau
- Einfache Bedienbarkeit
- Geringe Wartungsintensität
- Niedrigere Investition
- Für seltene Extremtemperatur ausgelegt
- Etwas niedrigere JAZ

→ privat genutzte, kleinere Wärmepumpenheizungen

Wärmeversorgung durch WP und zusätzliches Heizsystem

- Komplexerer Systemaufbau
- an schwankende Bedarfe gut anpassbar
- Kaskadenschaltung
- Zusatzheizung () für extreme Temperaturen
- Höhere JAZ da Leistung flexibler anpassbar

→ WEG oder Nichtwohngebäude, größere Wärmepumpenheizung

Heizgrenztemperatur

In Deutschland bei ca. 15°C in ungedämmten Haus

Bei Außentemperatur von $< 15^{\circ}\text{C}$ wird Heizung benötigt

Kann durch Dämmung reduziert werden → Weniger Heiztage im Jahr

Ausgangssituation & Ziel Von Gasheizung zu Wärmepumpe

Eckdaten Verbreiteter Standard:

Haus **Altbau 120m²**
Sanierung **unsaniert**
Bewohner **2 Erwachsene , 2 Kinder**
Wärmebedarf / a **30.000kWh/a**
Energiebedarf / a **3.000L Heizöl (3.000m³ Gas**
CO₂ Emmission / a **8.760kg**
Energiekosten / a **7.200 EUR**

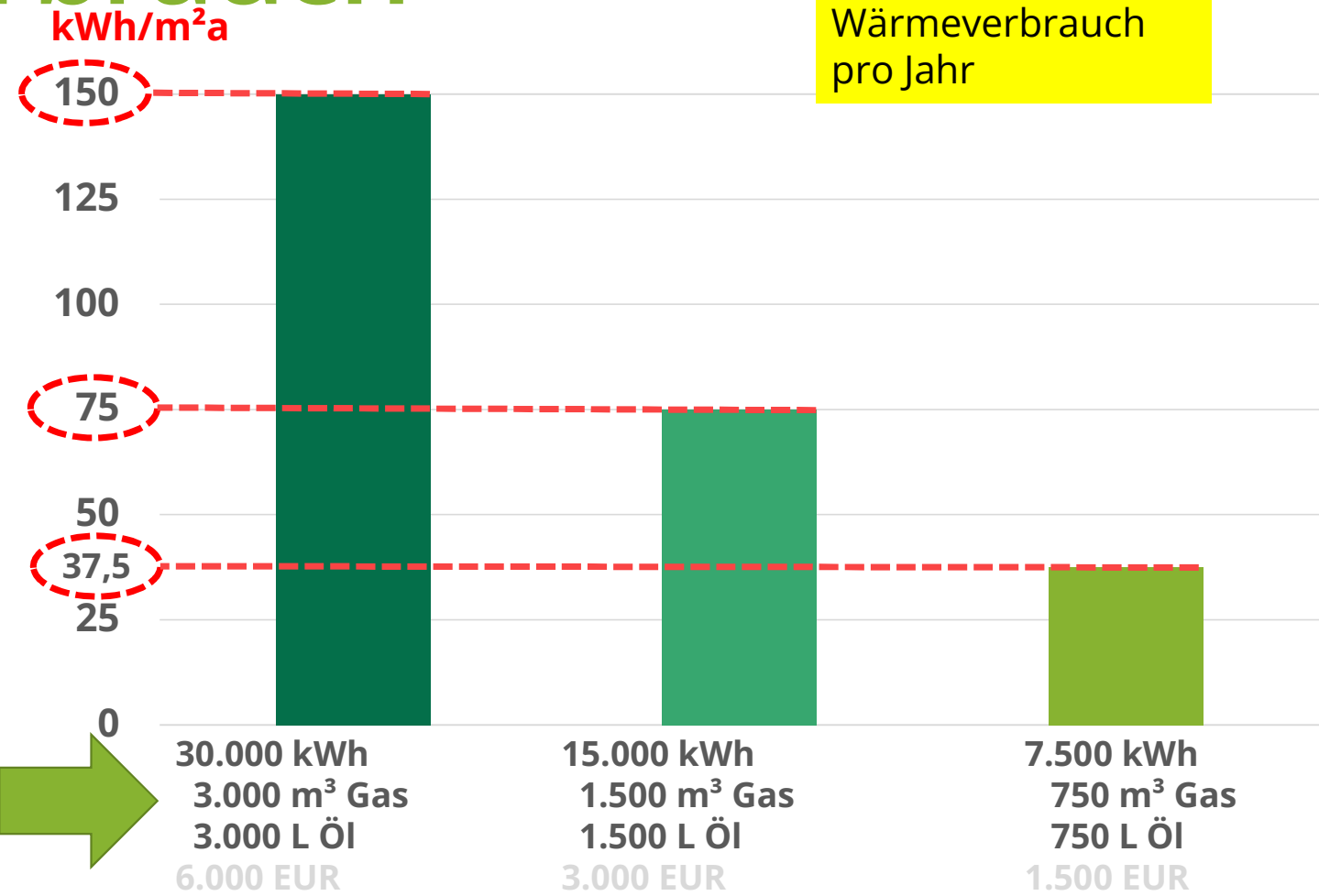
Was ist
notwendig, um
auf
Wärmepumpe
umzurüsten?



Wärmeverbrauch

Beispielrechnung:
200 m²
x 150 kWh/m²a
= 30.000 kWh/a

Es gibt auch viele
unsanierte Häuser
mit 200-350kWh/m²
Wärmeverbrauch
pro Jahr

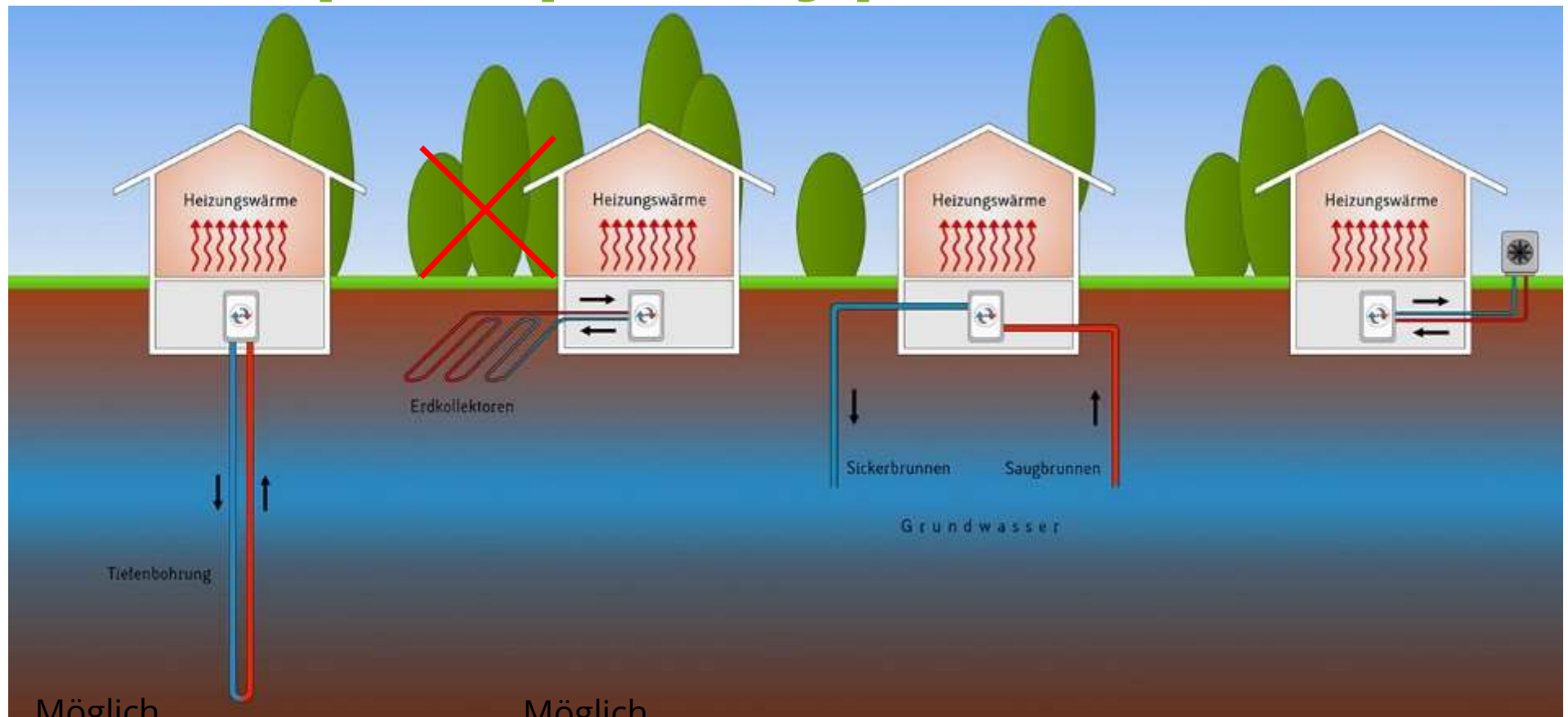


Haus mit 200m² Wfl.



Quelle: eigene Darstellung

Wärmepumpen Typen



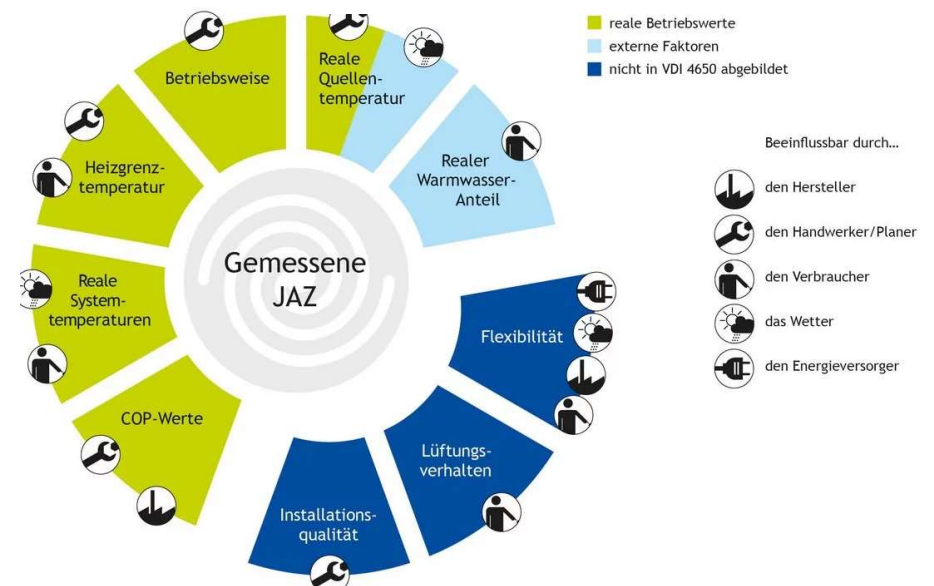
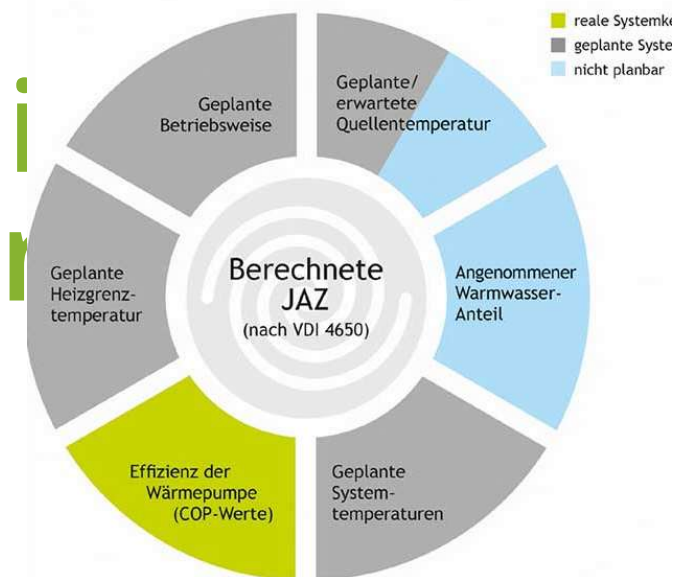
Möglich
(Einzelfallprüfung)

Möglich
(keine Bäume)

Möglich

Möglich

Faktoren für wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpe



Vorlauftemperatur

Je niedriger die Vorlauftemperatur, desto besser für Effizienz der Wärmepumpe

→ Die Quelltemperatur muss weniger stark „nach oben“ gepumpt werden

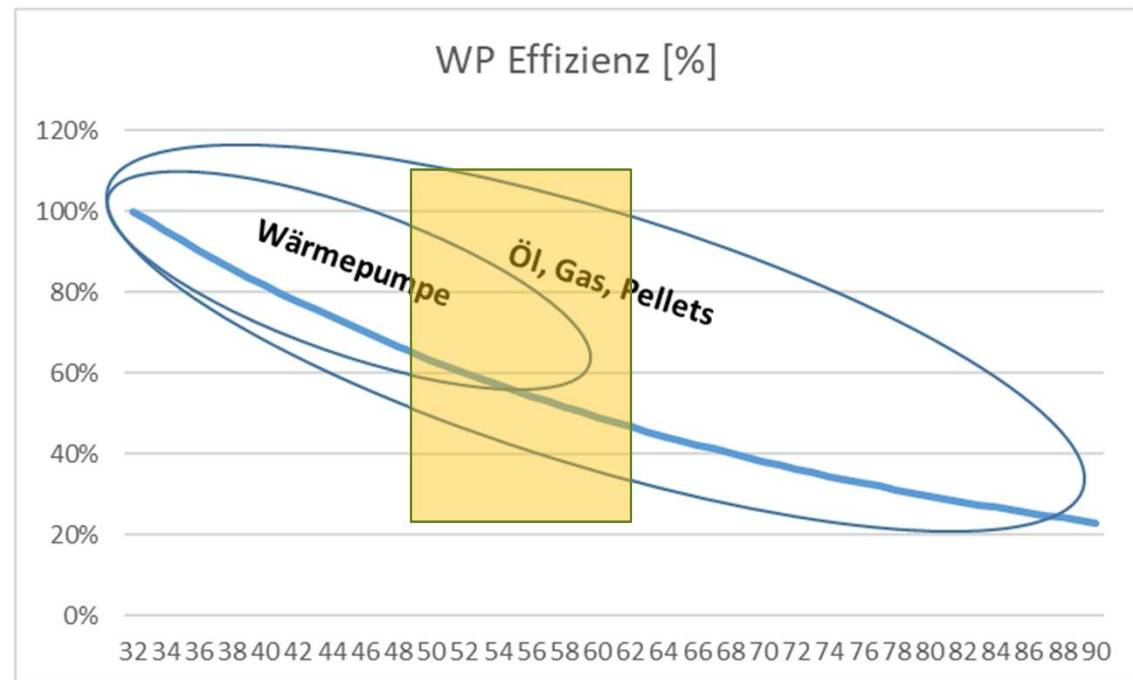
Vorlauftemperatur abhängig von

- Erzeuger → Öl-/Gas-/Pellets-Heizung, Wärmepumpe**
- Wärmeverteilung (Heizkörper, Flächenheizung)**

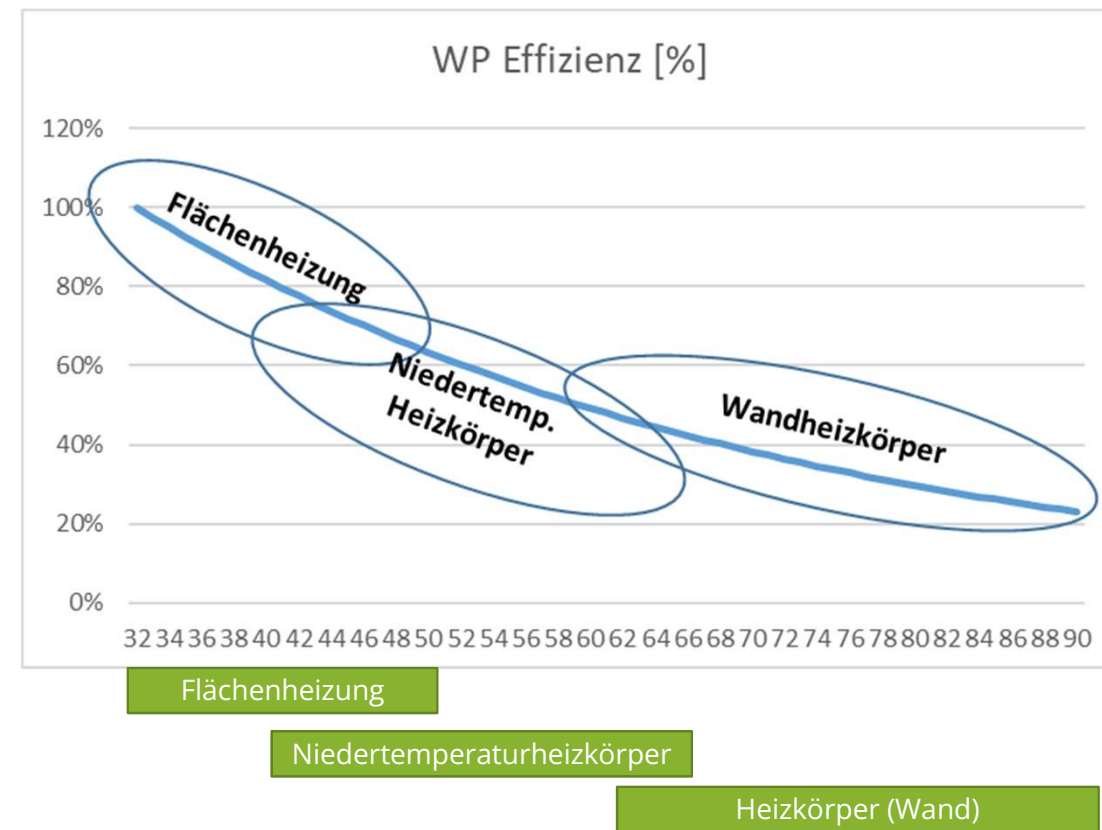
Vorlauftemperatur Erzeuger

Je niedriger die Vorlauftemperatur, desto besser für Effizienz der Wärmepumpe

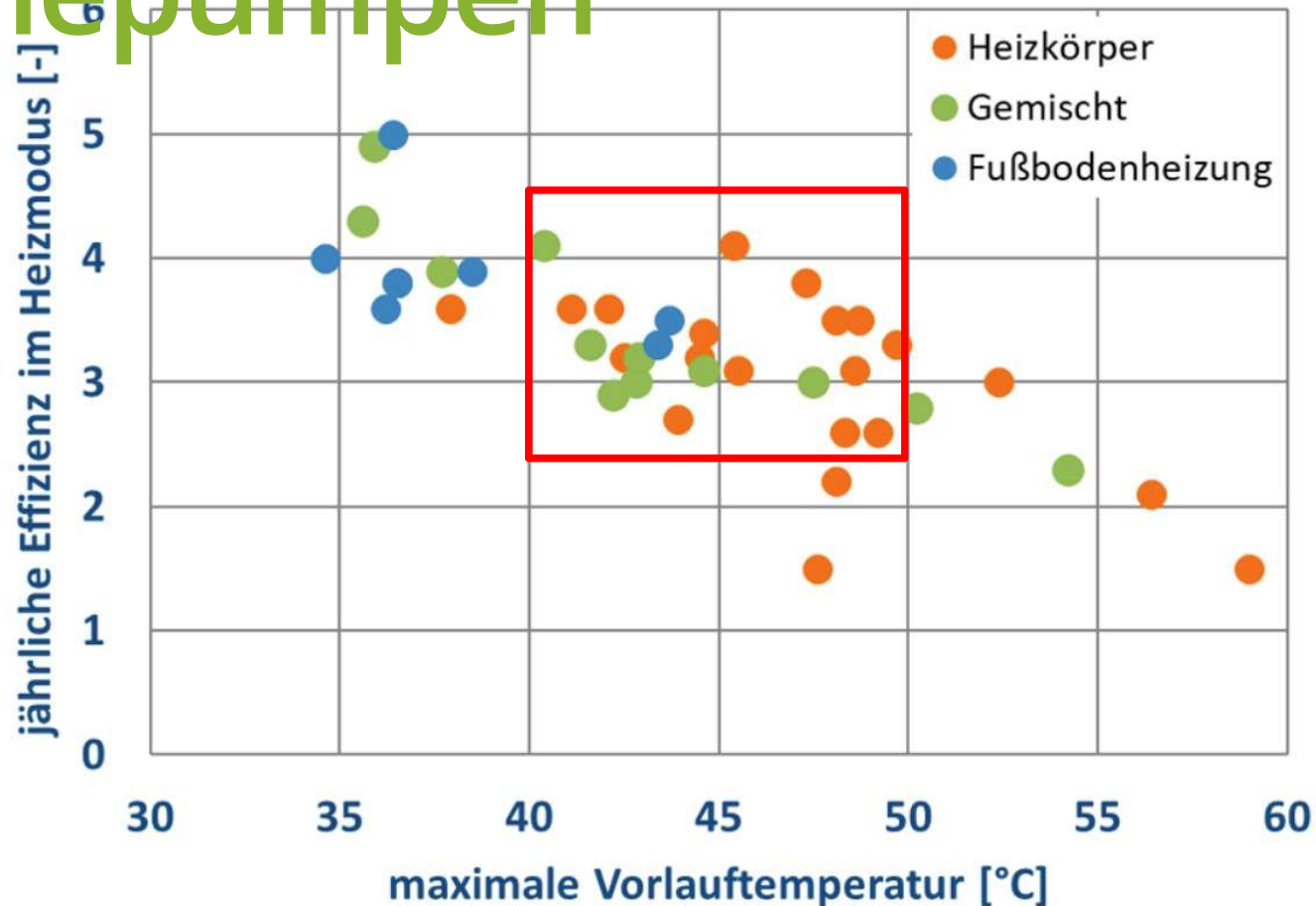
→ Die Quelltemperatur muss weniger stark „nach oben“ gepumpt werden



Vorlauftemperatur Heizkörper



Wärmeerzeugung – Wärmepumpen



Quelle: Fraunhofer ISE, jährliche Effizienzwerte in Abhängigkeit von maximalen Vorlauftemperaturen von 41 Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen mit unterschiedlichen Wärmeübergabesystemen

Regelbarkeit der Wärmepumpe

Leistung der Wärmepumpe regelbar → für fall der nachträglichen Dämmung

Taktung der WP regelbar

Faktoren für wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpe

1. Hohe JAZ

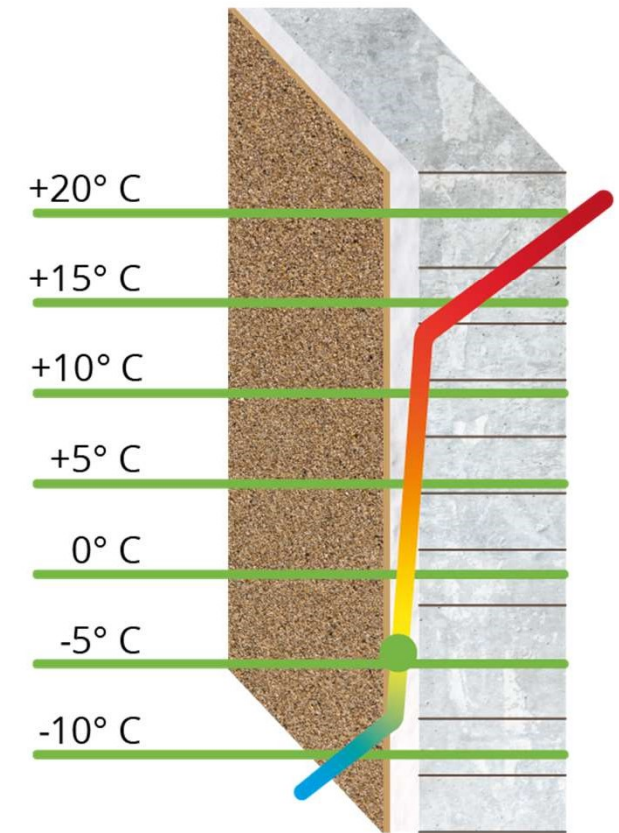
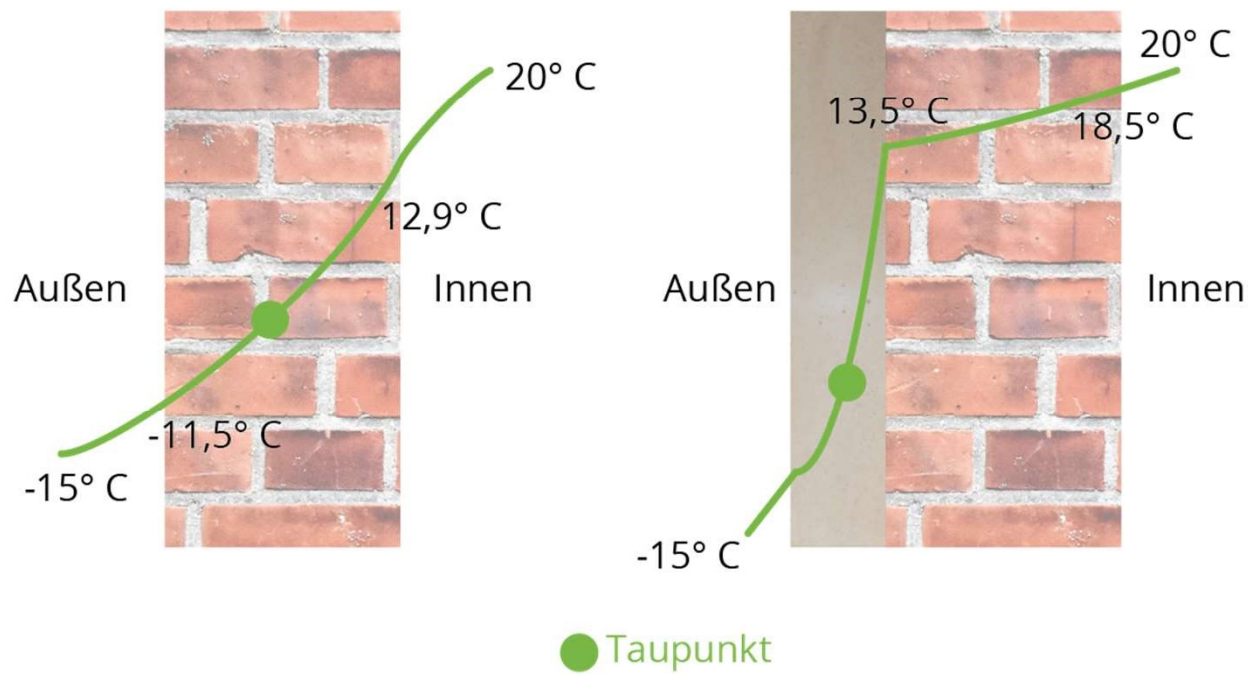
2. Reduzierung Wärmeverbrauch

- Transmissionswärmebedarf → Anteil ca. 60-70% (ungedämmt)
- Lüftungswärmebedarf → Anteil ca. 20-25% (ungedämmt)
- Warmwasserwärmebedarf → Anteil ca. 5-10% (ungedämmt)
- Wärmerückgewinnung → Potenzial bei Effizienz- & Passivhaus

3. Reduzierung Stromzukauf

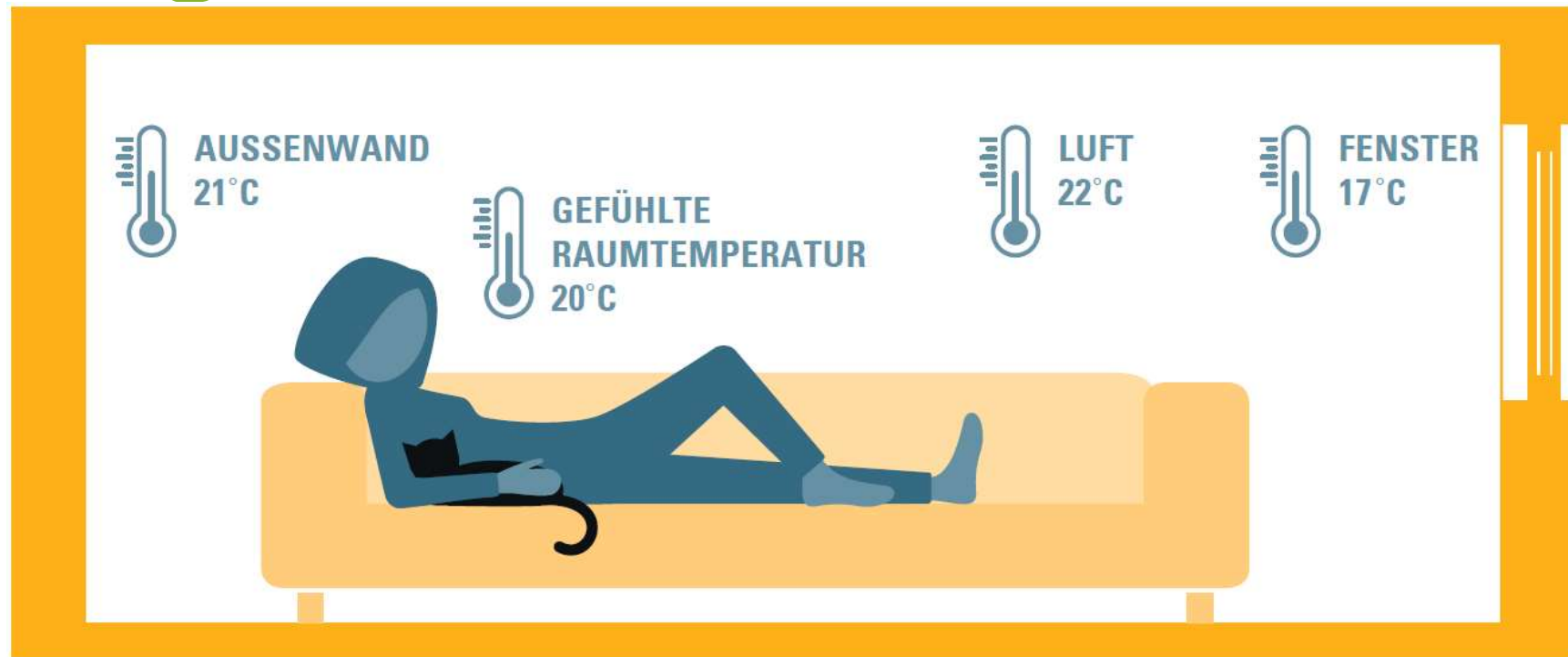
- Eigener PV Strom → Anteil ca. 20-30% möglich

Wärmeverluste – Wärmedämmung



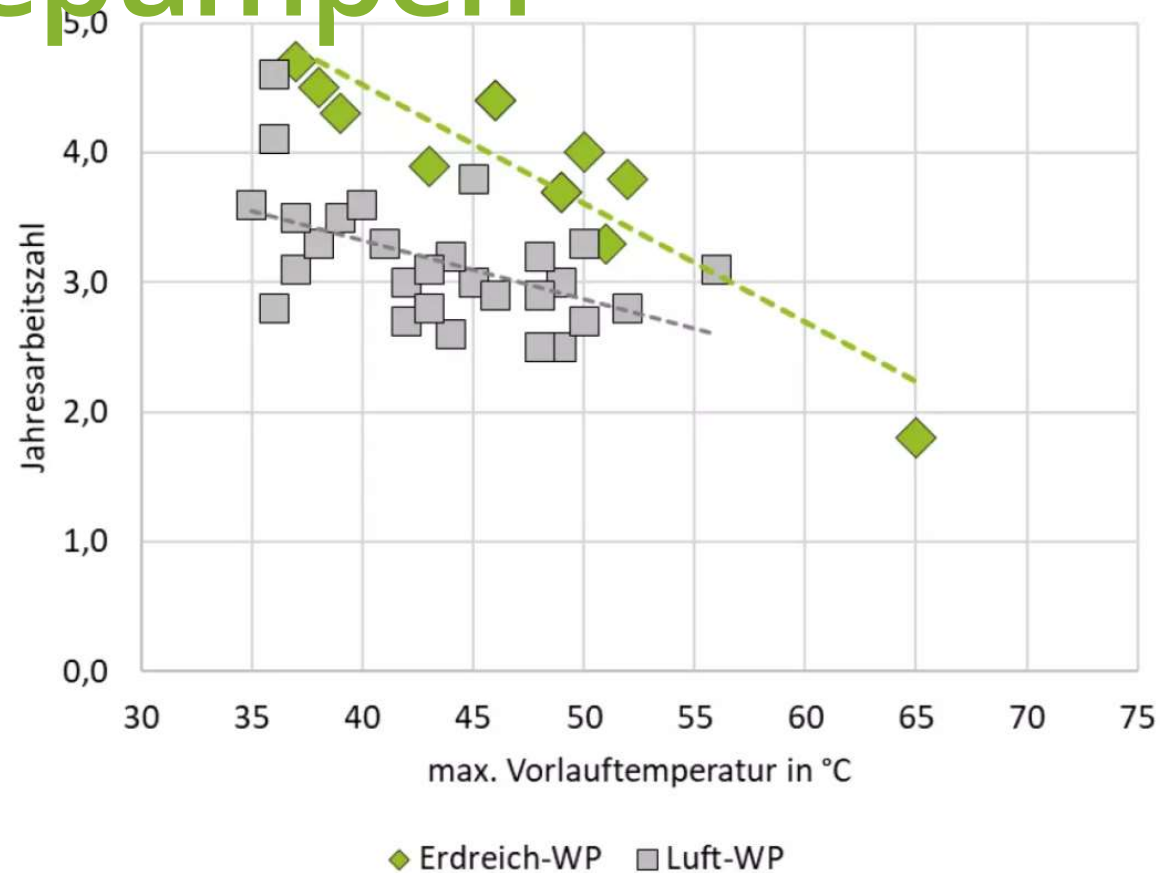
Behaglichkeit

Wandtemperatur
+ Lufttemperatur
= Körpertemperatur
→ behaglich



Gut gedämmte Wände und Fenster sind ein Garant für hohen Komfort. Die gefühlte Raumtemperatur ergibt sich aus den Temperaturen von Wänden, Fenstern und der Luft.

Wärmeerzeugung – Wärmepumpen



Quelle: ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH / Darstellung auf Basis Fraunhofer ISE (2020): Jahresarbeitszahlen in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur

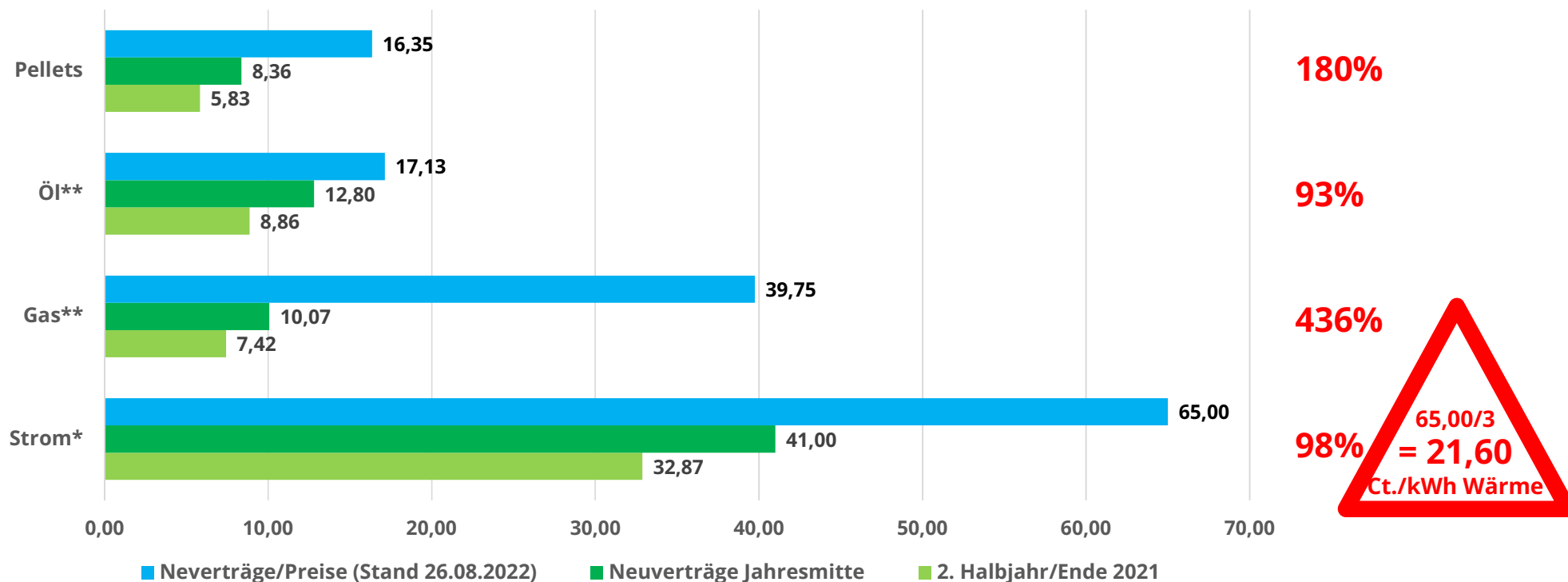
JAZ bei Wärmepumpen

Kennzahlen für die Jahresarbeitszahl unterschiedlicher Wärmepumpenheizungen im Vergleich

Wärmepumpen-Typ	JAZ im Vergleich	JAZ von knapp 2 mit deutschem Strommix bereits ökologischer als Heizen mit Gas
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	5	
Sole-Wasser-Wärmepumpe (mit Erdsonden)	4 – 4,5	
Sole-Wasser-Wärmepumpe (mit Flächenkollektor)	3,5 – 4	
Luft-Wasser-Wärmepumpe	2,5 – 3,5	

Wärmedämmung – Wirtschaftlichkeit

Energiepreise in Cent/kWh



*Wert aus Grundpreis & Arbeitspreis; bei Preisen ab Jahresmitte wurde der Wegfall der EEG-Umlage zum 01. Juli berücksichtigt.

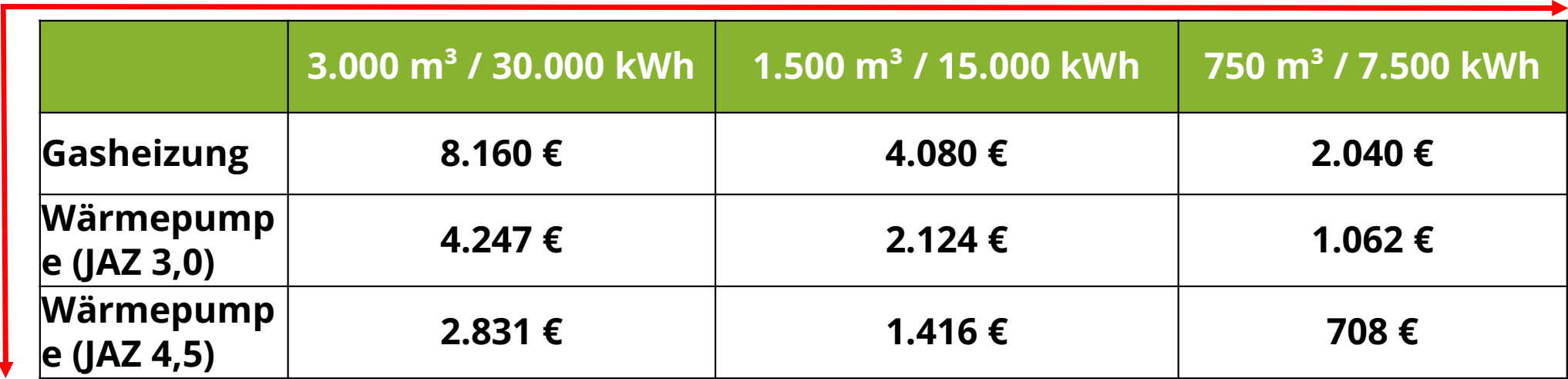
**Preise 2021 z.T. bei 4 Cent/kWh

Datenquellen: <https://strom-report.de/strompreise/strompreisentwicklung/>; https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Erdgas-Strom-DurchschnittsPreise/_inhalt.html; <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>; <https://www.check24.de>; <https://www.heizoel24.de/heizoelpreise>; <https://www.heizpellets24.de/pelletpreis>; aufgerufen am 26.08.2022 zw. 12:30 Uhr und 12:45 Uhr

Wärmedämmung und Heizung – Wirtschaftlichkeit

Energiekosten (11.08.) bei Neuabschlüssen:

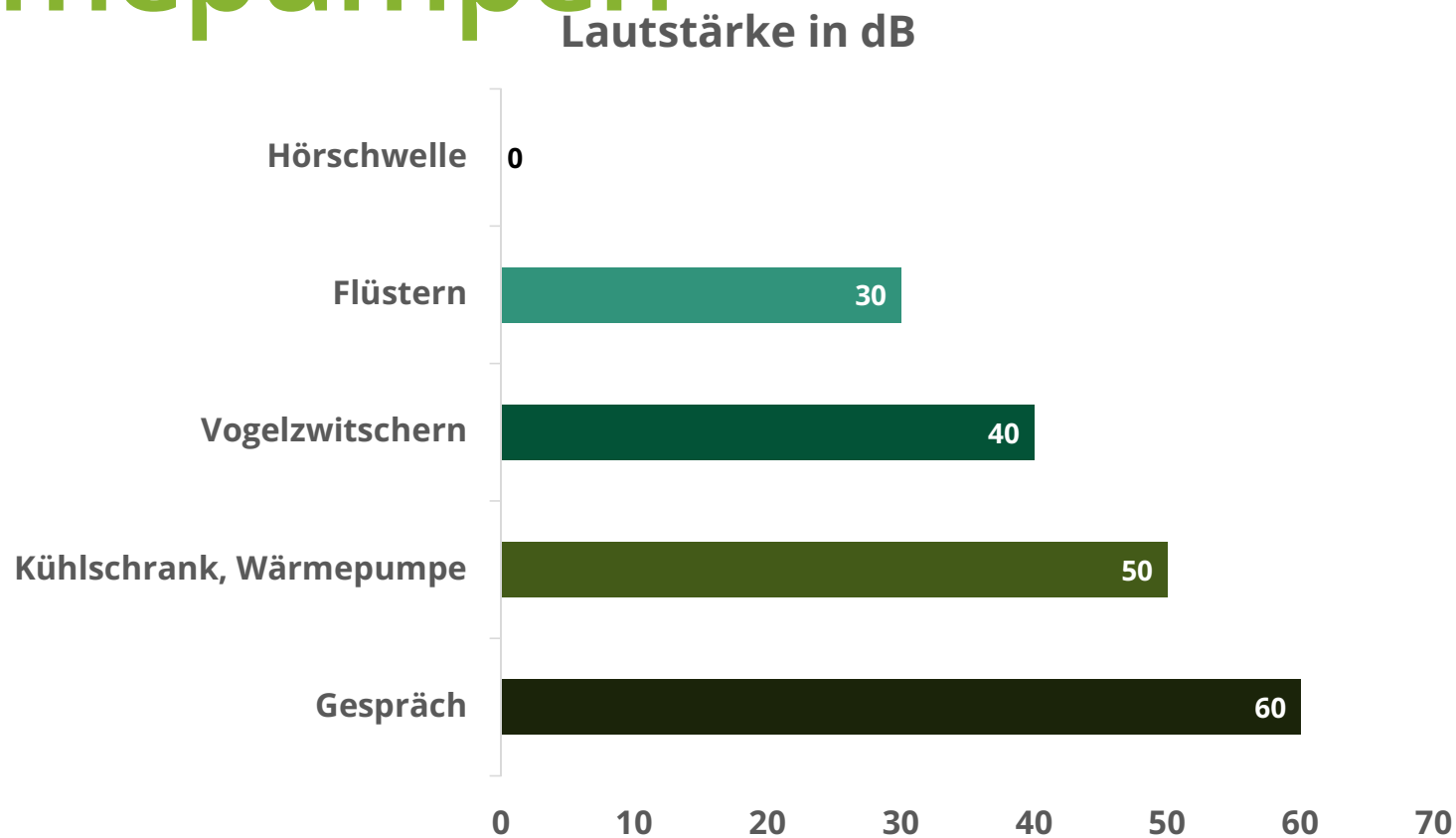
- Gas **27,20 Cent/kWh** (bei ca. 17,90 € Grundpreis/Monat) – Bestand ca. 7-8 Cent/kWh
- Pellets **15 Cent/kWh** – im Januar noch ca. 7 Cent/kWh
- Wärmepumpenstrom **42,47 Cent** (Grundpreis ca. 7,90 €/Monat)



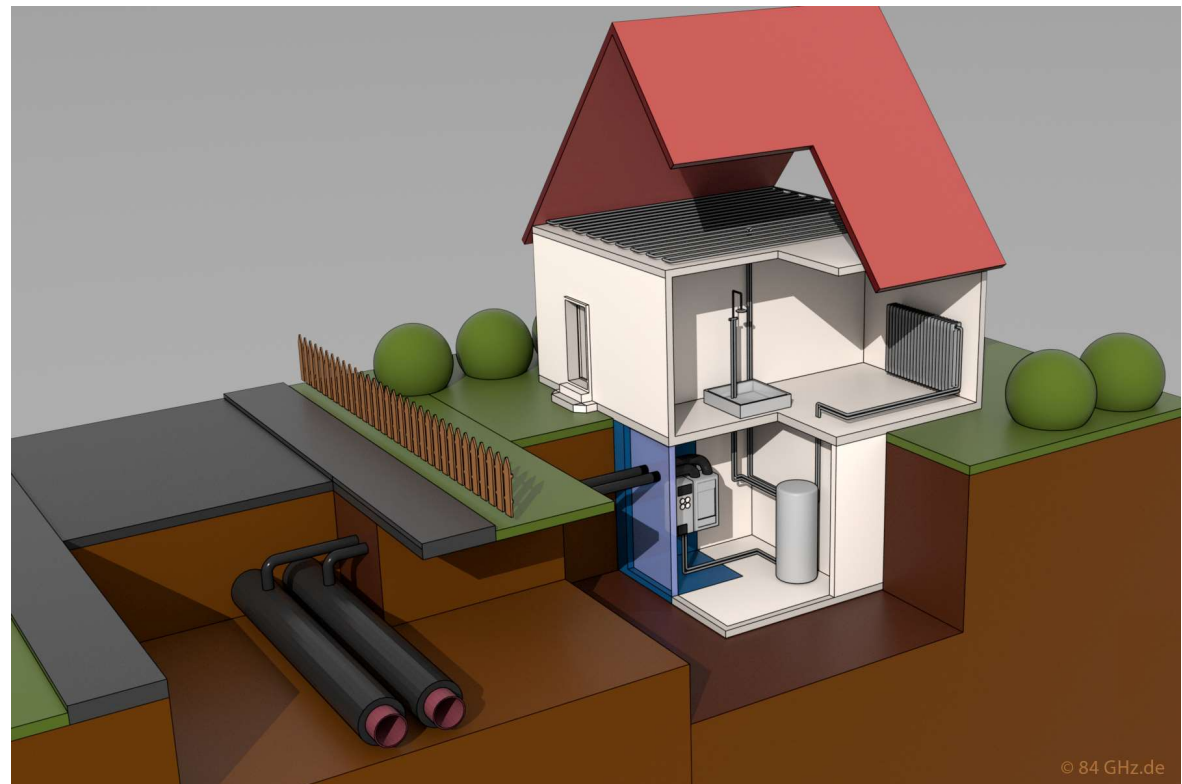
	3.000 m ³ / 30.000 kWh	1.500 m ³ / 15.000 kWh	750 m ³ / 7.500 kWh
Gasheizung	8.160 €	4.080 €	2.040 €
Wärmepump e (JAZ 3,0)	4.247 €	2.124 €	1.062 €
Wärmepump e (JAZ 4,5)	2.831 €	1.416 €	708 €

Preise gemäß Abfrage vom 11.08. um 14:10 Uhr von <https://www.check24.de> und <https://www.heizpellets24.de/pelletpreis>

Wärmeerzeugung – Wärmepumpen

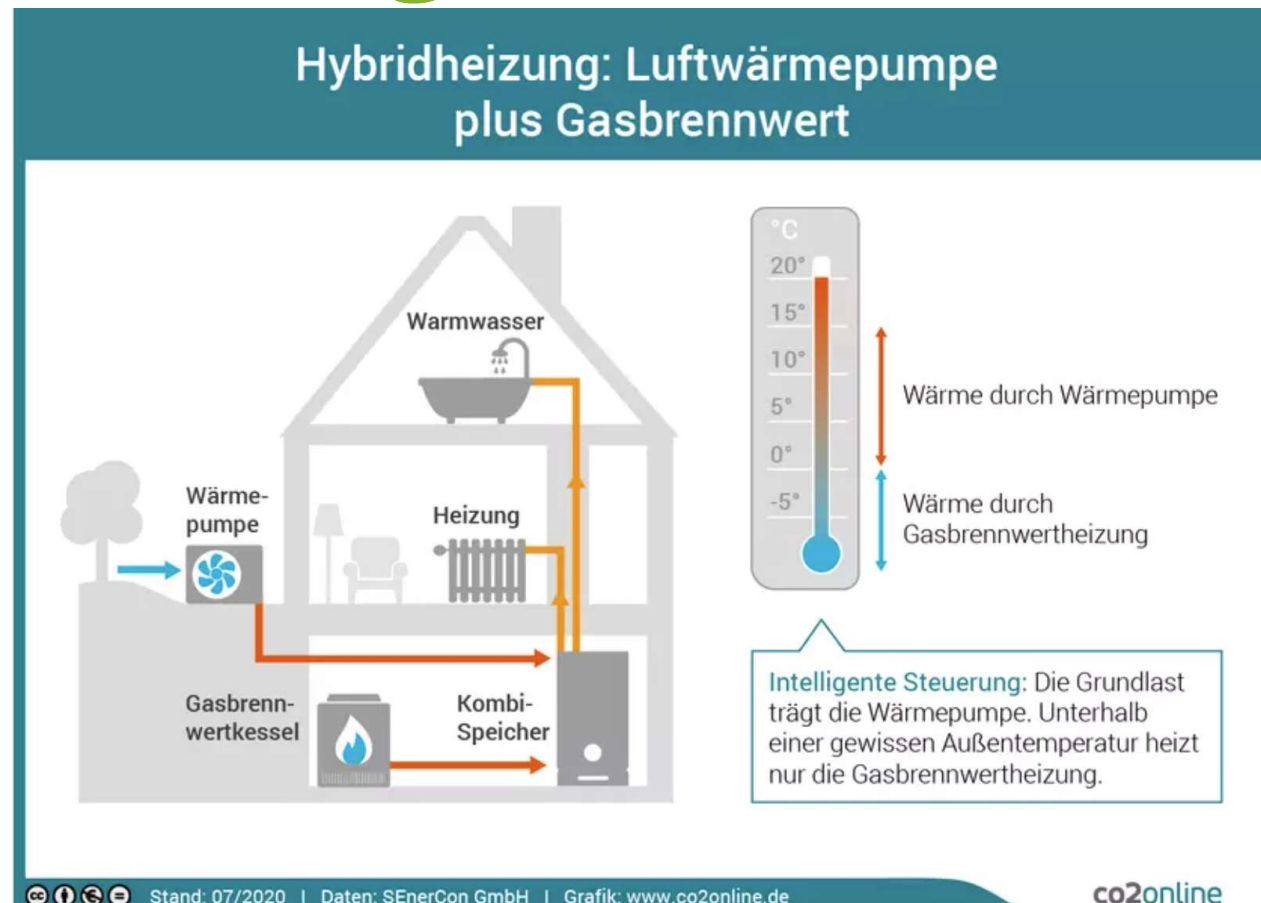


Wärmeerzeugung – Alternativen



Quellen: <https://www.haustec.de/heizung/waermeerzeugung/windhager-hybridheizung-aus-waermepumpe-und-holzessel>; <https://afk-geothermie.de/paket-fernwaermeanschluss/>

Hybridheizung



Effizientes Wärmepumpen-System

1. Reduzierter Wärmeverbrauch

- Gedämmte Gebäudehülle

2. Niedrige Vorlauftemperatur

- Flächenheizung
- groß dimensionierte Heizkörper
- Niedertemperaturheizkörper

3. Eigener PV Strom

- Reduziert Stromzukauf

4. Korrekte Auslegung & Regelung der Wärmepumpe

- Betrieb im Optimalbereich
- Betrieb nur wenn notwendig

9. Beispielhäuser

	Baujahr des Hauses	1937 (84 Jahre alt)
	Heizenergieverbrauch	etwa 210 kWh/(m²a)
	Energetischer Zustand	sehr schlecht, kaum saniert Fenster und Heizkörper ausgetauscht
	Heizsystem	Außenluftwärmepumpe mit <u>Heizkörpern</u>
	Effizienz der Wärmepumpe	3,0

200qm Wohnfläche: 42.000kWh Wärme oder 14.000kWh Strom benötigt

9. Beispielhäuser



Baujahr des Hauses

1950 (72 Jahre alt)

Heizenergieverbrauch

etwa 110 kWh/(m²a)

Energetischer Zustand

durchschnittlich, Fassade wurde saniert

Heizsystem

Erdreichwärmepumpe mit Heizkörpern

Effizienz der Wärmepumpe

4,5

200qm Wohnfläche: 22.000kWh Wärme oder 4.888kWh Strom benötigt

9. Beispielhäuser

	Baujahr des Hauses	1973 (48 Jahre alt)
	Heizenergieverbrauch	etwa 100 kWh/(m²a)
	Energetischer Zustand	durchschnittlich, geringfügig saniert Dach wurde vor 31 Jahren gedämmt
	Heizsystem	Erdreichwärmepumpe mit <u>Heizkörpern</u>
	Effizienz der Wärmepumpe	3,7

200qm Wohnfläche: 20.000kWh Wärme oder 5.405kWh Strom benötigt

9. Beispielhäuser

	Baujahr des Hauses	1973 (48 Jahre alt)
	Heizenergieverbrauch	etwa 100 kWh/(m²a) 70kWh/(m²a)
	Energetischer Zustand	durchschnittlich, geringfügig saniert Dach wurde vor 31 Jahren gedämmt
	Heizsystem	Erdreichwärmepumpe mit <u>Heizkörpern</u>
	Effizienz der Wärmepumpe	3,7

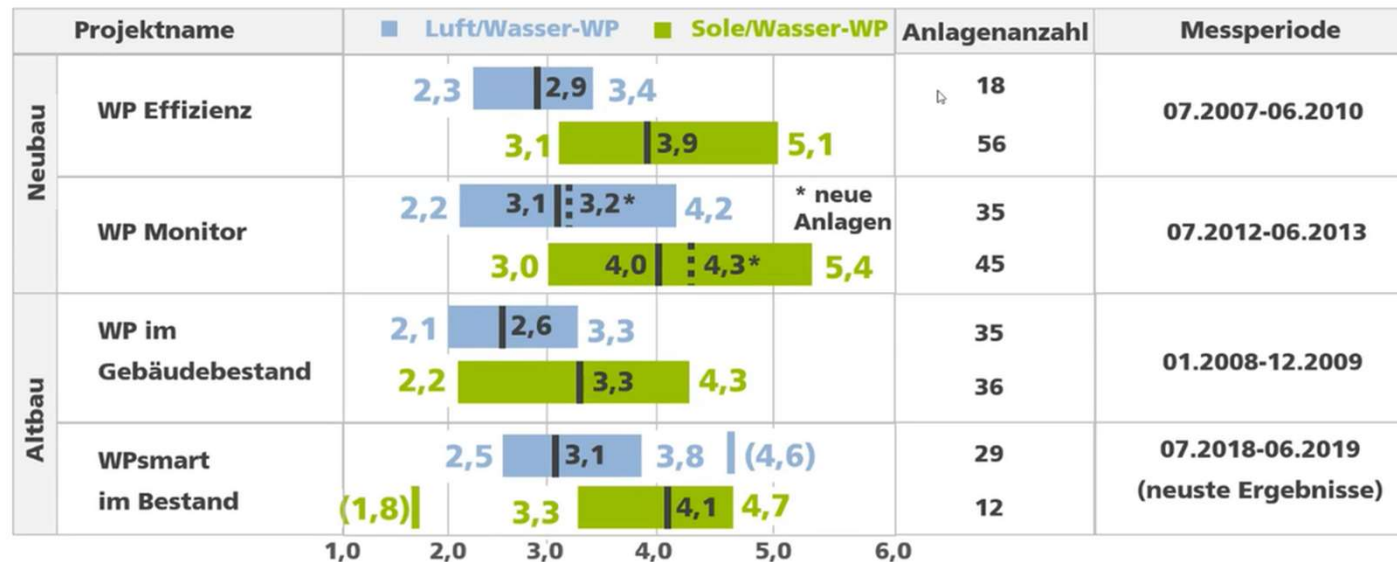
14.000kWh

3.784kWh

200qm Wohnfläche: ~~20.000kWh~~ Wärme oder ~~5.405kWh~~ Strom benötigt

5. Technologischer Fortschritt

Wärmepumpen – Monitoring EFH Arbeitszahlen

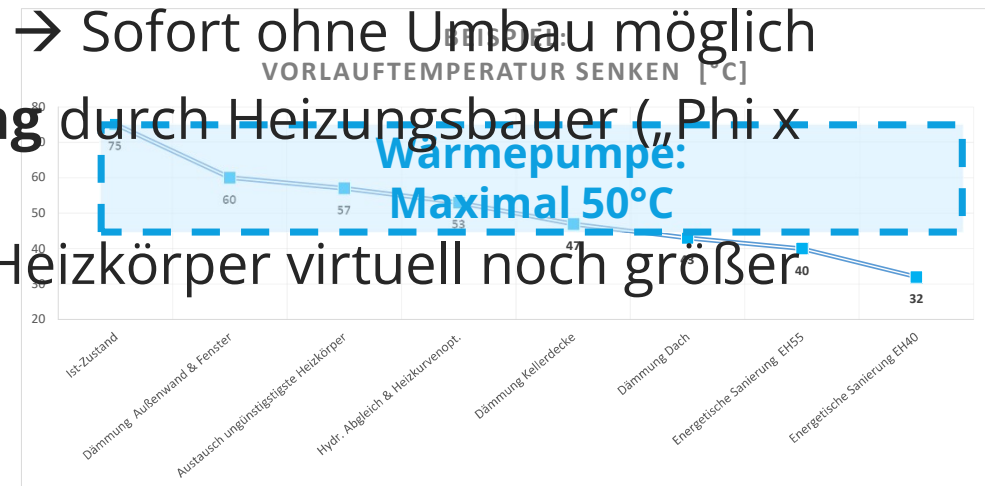


Nach heutigen Stand ist JAZ von 3 – 4 ist im Bestand gut zu erreichen!

4. Vorlauftemperatur senken

Es gibt viele Ansätze um Vorlauftemperatur zu senken:

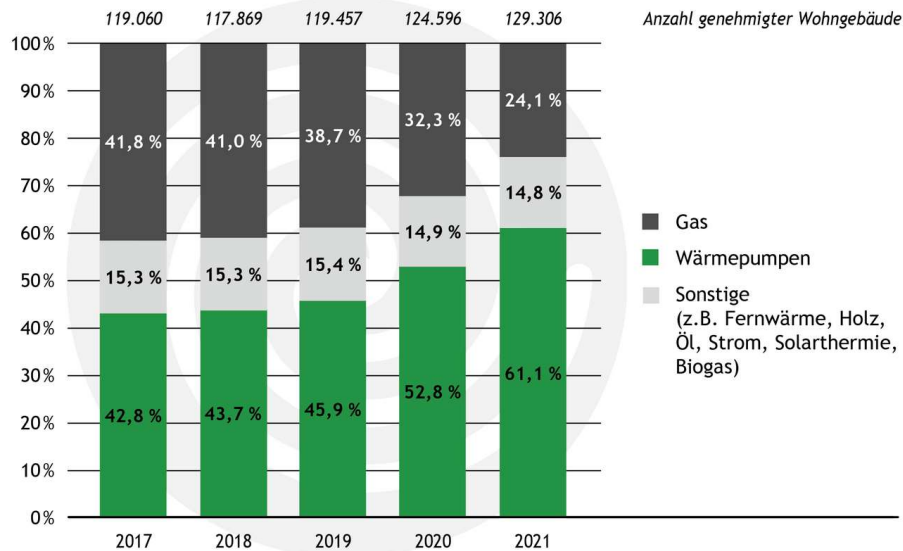
- Überdimensionierung Bestandsystem → Sofort ohne Umbau möglich
- Oft **zusätzliche Überdimensionierung** durch Heizungsbauer („Phi x Daumen“)
- Wenn **nachträglich gedämmt** → Heizkörper virtuell noch größer



Es gibt viele Wege, die Vorlauftemperatur zu senken!

Was ist die Realität?

Wärmepumpen-Marktanteile in Deutschland
Baugenehmigungen neuer Wohngebäude 2017 - 2021



Quelle: Statistisches Bundesamt, Bautätigkeit, Baugenehmigungen für Wohngebäude nach primär verwendeter Energie zur Heizung

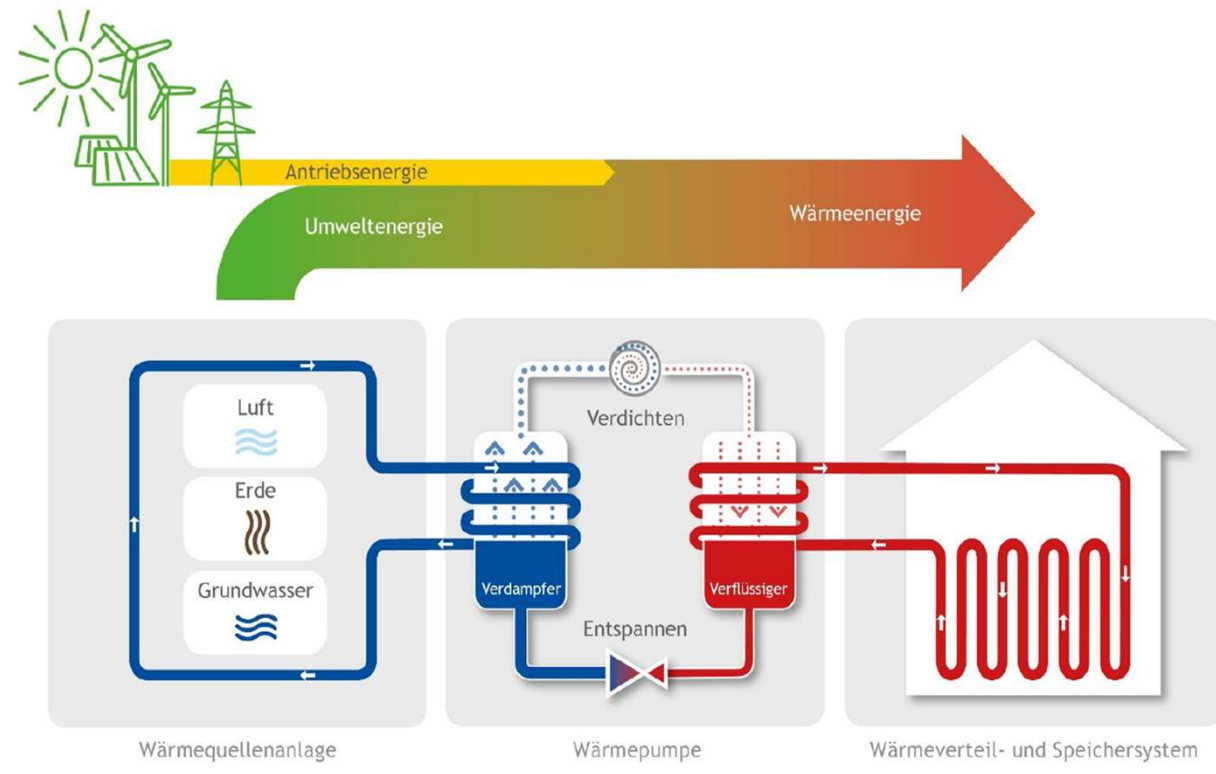
bwp Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Bildquelle: DENA Gebäudereport 2023

■ Gas ■ Wärmepumpe ■ Strom ■ Fernwärme/Fernkälte
■ Öl ■ Biomasse und Sonstiges ■ Solarthermie



Funktionsweise Wärmepumpe



Wärmepumpe fängt **kostenlose Umweltenergie** effektiv ein!

Kapitel

1. Bund vs. Realität	→ 2 Folien	→ 4 min
2. Vorurteile	→ 2 Folien	→ 4 min
3. Technologie	→ 7 Folien	→ 14 min
4. Effizienz	→ 11 Folien	→ 22 min
5. Wirtschaftlichkeit	→ 8 Folien	→ 16 min
6. Beispielhäuser	→ 3 Folien	→ 6 min
7. Förderung	→ 1 Folien	→ 2 min
8. Häufige Fragen	→ 6 Folien	→ 12 min
9. Fazit	→ 2 Folien	→ 4 min
10. Wie geht's weiter	→ 1 Folien	→ 2 min