

Waiblingen Klimaneutral heißt Sie
herzlich Willkommen !

Wir sind eine private Initiative in Waiblingen mit dem Ziel Waiblingen klimaneutral zu machen.
Die Vereinsgründung läuft.

Unsere 10 Prioritäten (nachzulesen in unserem Klimastadtplan):

1. Strom aus erneuerbaren Energiequellen.
2. Wärme aus erneuerbaren Energiequellen
3. Energetische Gebäudesanierung
4. Soziale und ökologische Stadtplanung
5. Flächenverbrauch und -versiegelung stoppen
6. Ressourcenschonendes Leben und Wirtschaften
7. Landwirtschaft regional und nachhaltig
8. ÖPNV, Fußgänger- und Fahrradfreundlichkeit
9. Bürgerbeteiligung, Bildung und Vernetzung
10. Wirtschaft und Ökologie zusammen denken



Unsere Sachaufwände finanzieren wir aus Spenden.
Spenden sind willkommen !



Mehr Wissen was

- eine Wärmepumpe kann
- was sie braucht um leistungsfähig zu sein
- der Nutzen wäre



Mehr Augenhöhe für die Auswahl und Beratung
von/durch Fachbetriebe

Fokus: Luft/Wasserpumpe im 1-2 Familien Bestandsgebäude

Fakten !

Objektivität !

Aus der Sicht von
„Eigenheimern“

Von der **Technik** zur
Ökologie und
Ökonomie

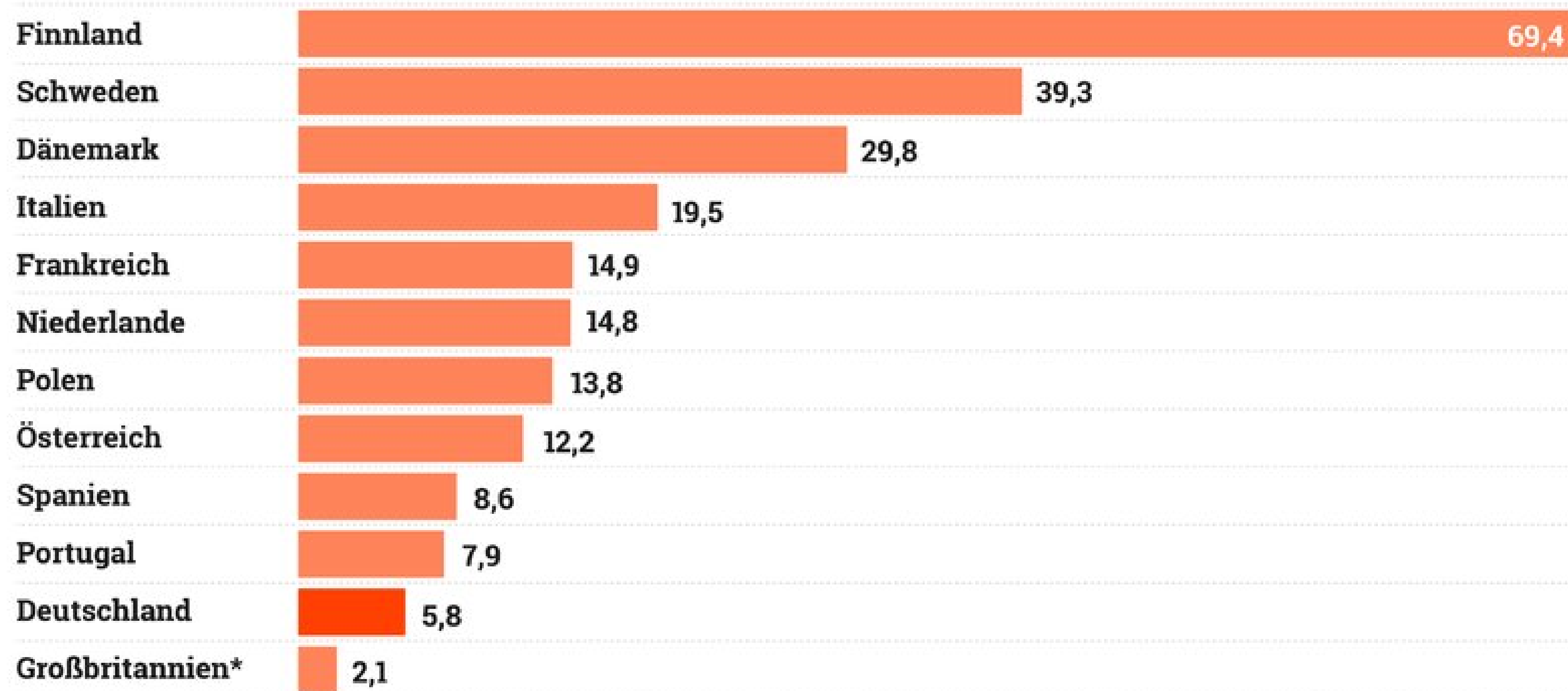
~~Mythen~~

~~Interessengetrieben~~

- Einführung
- Die Technik einer Wärmepumpe
- Geänderte Anforderungen an die Wärmeverteilung
- Vorbereitung und Tests für den Einbau einer Wärmepumpe
- Nutzen
- Kostensenkung und Förderung
- Unterstützung durch Photovoltaik
- Praxisbeispiel
- Diskussion



In der EU 2022 verkaufte Wärmepumpen pro 1000 Haushalte



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

Potentiale an einem Beispiel

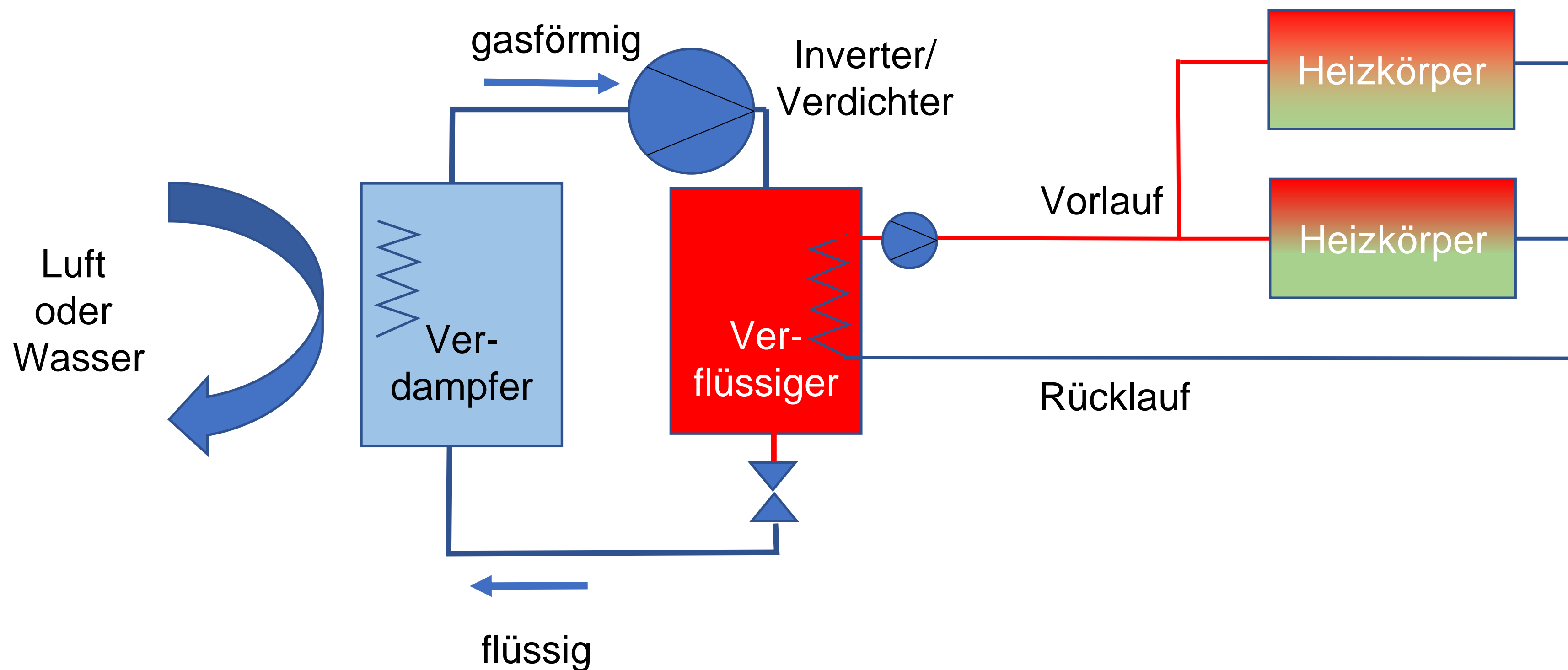
	Kosten		CO2-Emmision (kg p.a.)		
Bestehende Ölheizung: 2200 l p.a. <small>(1984; kein Brennwert; 7 Jahres Mittel; incl Warmwasser; 1€/l Heizöl)</small>	2.200 €	100%	5800	100%	
Luft-Wasserwärmepumpe; betrieben mit Ökostrom (34Ct/kwh) <small>(9KW Viessmann Vitocal 250; 252.10; Monoblock mit R290)</small>					
Maximale Vorlauftemperaturen	55 Grad	1.478 €	-33%	0	-100%
	35 Grad	1.252 €	-43%	0	-100%
Unterstützung durch "große" Photovoltaik + Ökostrom (Mix 28Ct/kwh) <small>(9KW Viessmann Vitocal 250; Monoblock mit R290; PV-Beitrag an Strombezug 25%)</small>					
Maximale Vorlauftemperaturen	55 Grad	1.217 €	-45%	0	-100%
	35 Grad	1.031 €	-53%	0	-100%

Strommehrverbrauch bei max. Vorlauftemperatur von 55 Grad vs 35 Grad: **19%**

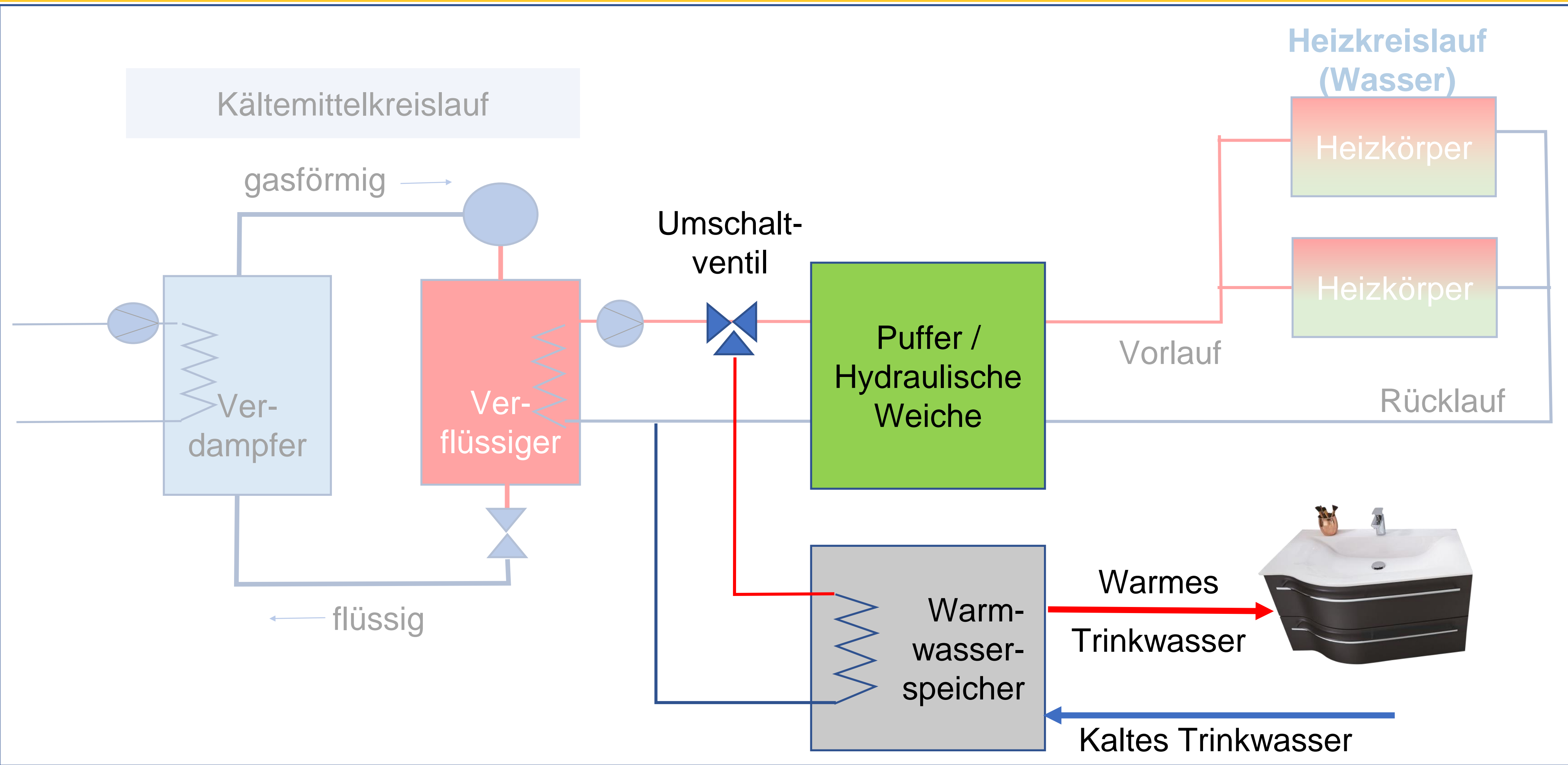
Wohnhaus aus 1985; ca 200m² Wohnfläche; FBH und HK; damals gut isoliert; keine energetische Sanierung; 4 Bewohner

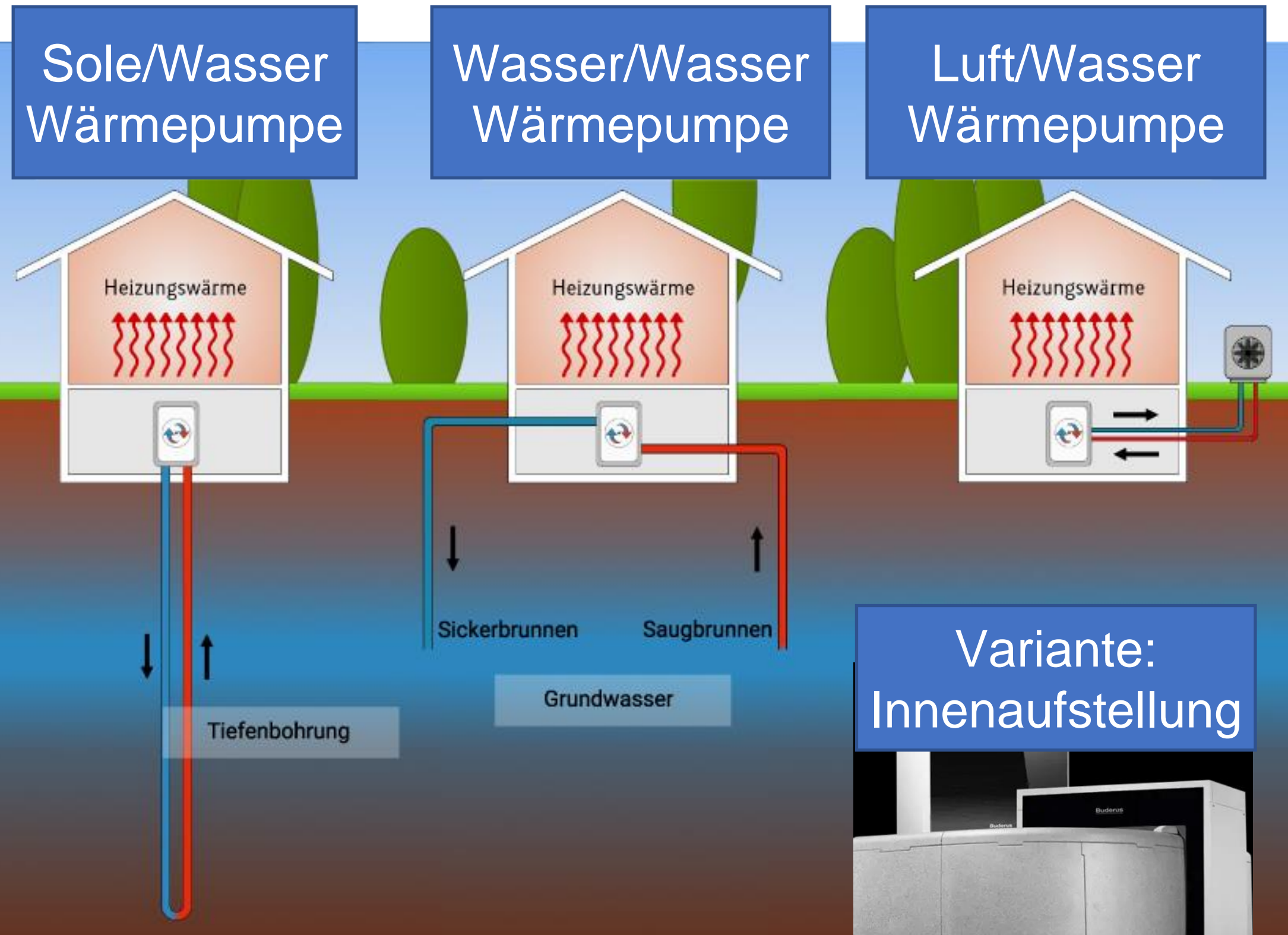
Grundprinzip einer Wärmepumpe

Kältemittelkreislauf	Heizkreislauf
Kältemittel (R32, R290)	Heizungswasser



Erweiterungen Wärmepumpe





Ringgrabenkollektor



Für das obige Beispiel mit 9KW Heizlast:
2m tief; 1,4m breit und 90m lang



Quelle:
Buderus

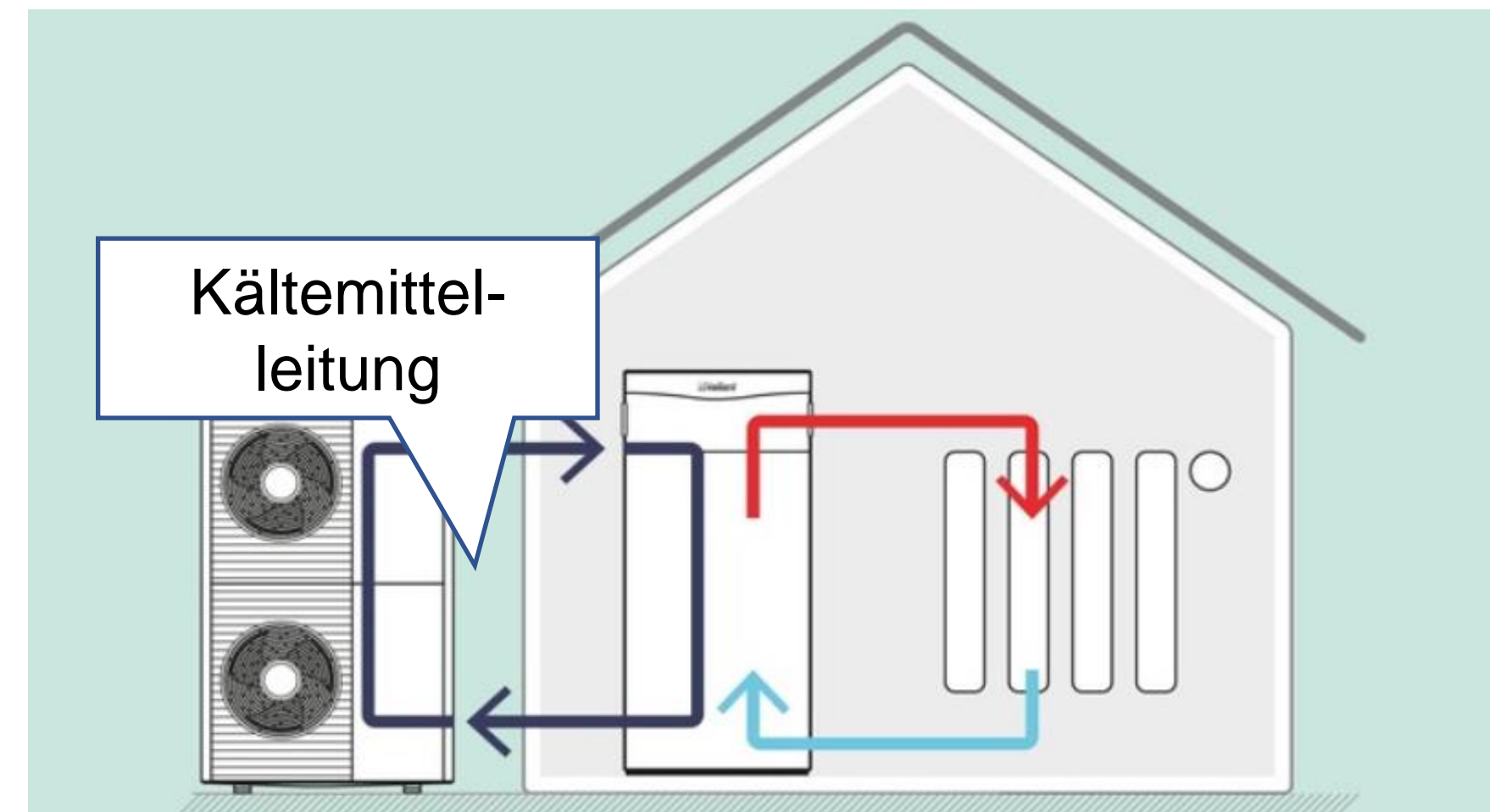
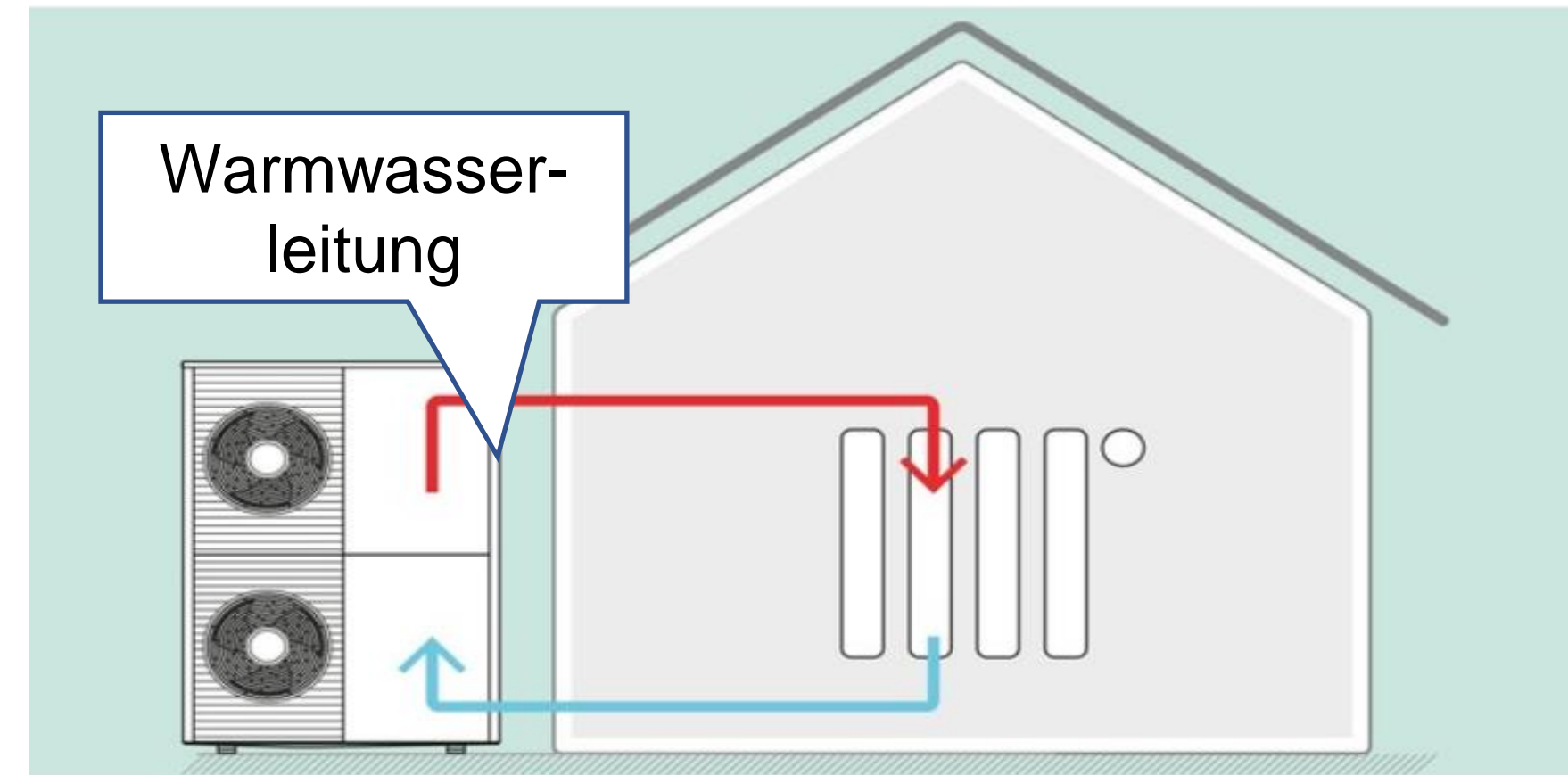
Bauform: Monoblock und Split

Monoblock

- Aktuelles Kältemittel: R290 (Propan); GWP 3
- Abstand zum Luftschacht > 60cm oder mit „Trennwand“, ..
- Mit R290 z.Zt. nur Monoblocks zur Außenaufstellung bekannt
- Einfriergefahr bei Stromausfall > „Notauslauf“
- Kein Kälteschein /Installateur/ erforderlich
- Höhere VLT und leicht besserer COP

Split

- Aktuelles Kältemittel: R32; GWP 675
- Keine Limits zum Aufstellungsort durch das Kältemittel
- Kein Einfriergefahr bei Stromausfall
- Länge der Außenleitungen nicht so kritisch (zB max 30m)
- Kälteschein /Installateur/ notwendig



Eine Wärmepumpe hat für einen

**wirtschaftlichen und
lebensdaueroptimierten
Betrieb andere Anforderungen**

an das Wärmeverteilsystem (Heizkörper; FBH)

als ein klassisches mit Verbrennung (Öl, Gas)

- Hebel in der Wärmegegewinnung:

$$\text{COP (Coefficient of performance)} = \frac{\text{Gewonnene thermische Energie (kWh)}}{\text{Zugeführte elektrische Energie (kWh)}}$$

- COP ist immer an einem Betriebspunkt wie zb:
(A2/W35) ist bei 2Grad Außentemperatur und 35 Grad Wassertemperatur
- SCOP (Seasonal COP) über mehrere Betriebspunkte
- JAZ (Jahresarbeitszahl):
Effektive Leistungszahl einer Wärmepumpe über das ganze Jahr im realen Betrieb
- Jahresarbeitszahlrechner für bestimmte Wärmepumpentypen:
<https://www.waermepumpe.de/jazrechner/>

Bedeutung der Vorlauftemperatur

Beispiel: Aktuelle Lambda Luftwärmepumpen (Monoblock mit R290)

Quelle: Lambda

EN14511		EU08L		EU13L		EU15L		EU20L	
		Leistung [kW]	COP	Leistung [kW]	COP	Leistung [kW]	COP	Leistung [kW]	COP
Heiz- betrieb	A7W35	4,1	5,77	5,2	5,94	6,0	5,89	10,1	5,73
	A2W35	8,2	5,19	8,3	5,05	10,1	5,11	12,0	5,04
	A-7W35	8,4	3,79	13,0	3,77	14,9	3,83	20,0	3,70
	A-15W35	6,7	3,02	10,8	3,19	15,0	3,19	18,1	3,10
	A7W45	4,6	4,46	5,2	4,57	6,3	4,47	10,6	4,56
	A7W55	4,4	3,55	5,4	3,71	6,1	3,47	12,1	3,69
	A-7W55	8,1	2,55	12,4	2,59	14,8	2,71	21,0	2,62

- A2W35: Für 10kWh Wärme braucht man 2,65 kWh Strom (=10/3,77)
- A2W55: Für 10kWh Wärme braucht man 3,86 kWh Strom (=10/2,59)

+46%

- A7W35: 1,68 kWh Strom
- A7W55: 2,69 kWh Strom

+60%

20 Grad mehr Vorlauftemperatur: ca 50 % mehr Stromverbrauch / Betriebspunkt!

Einfluss der max. Vorlauftemperatur

	Kosten		CO2-Emmision (kg p a)	
Bestehende Ölheizung: 2200 l p.a. <small>(1984; kein Brennwert; 7 Jahres Mittel; incl Warmwasser; 1€/l Heizöl)</small>	2.200 €	100%		
Luft-Wasserpumpe; betrieben mit Ökostrom (34Ct/kWh) <small>(9KW Viessmann Vitocal 250; 252.10; Monoblock mit R290)</small>				
Maximale Vorlauftemperaturen	55 Grad	1.478 € -33%	0	-100%
	35 Grad	1.252 € -43%	0	-100%
Unterstützung durch "große" Photovoltaik + Ökostrom <small>(9KW Viessmann Vitocal 250; Monoblock mit R290; PV-Beitrag 25%)</small>				
Maximale Vorlauftemperaturen	55 Grad	1.217 € -45%	0	-100%
	35 Grad	1.031 € -53%	0	-100%
Strommehrverbrauch bei max. Vorlauftemperatur von 55 Grad vs 35 Grad:				19%

- JAZ bei max. VLT 55 °C: 4,12
- JAZ bei max. VLT 35 °C: 4,9

Niedrige Vorlauftemperaturen senken laufende Kosten

- Heizlast (Bestandsgebäude aus den 80ern bei NAT=-11 Grad *1): 9 kW
- Vorlauftemperatur: 40 Grad
- Rücklauftemperatur: 35 Grad

• Physik aus der Oberstufe: $Q=c*m*\Delta_T$

• $m= 9kW/(1,16kWh/Kelvin/m^3 * 5 Kelvin) = 1,55m^3$

- **Für den Transport von 9kW Heizleistung werden im Beispiel 1,5m³ Wasserdurchsatz pro h gebraucht !**

Panasonic; H-Serie (12KW T-CAP)

- Pumpenleistung: 35-150W
- Volumenstrom bis zu: 2064l/h
- Mindestumlauf: 800l/h

Messung in einem Bestandsgebäude

- FBH: 800l/h bei Förderhöhe 2,3 m
- Heizkörper (4 offen): 720l/h bei Förderhöhe 3,0 m

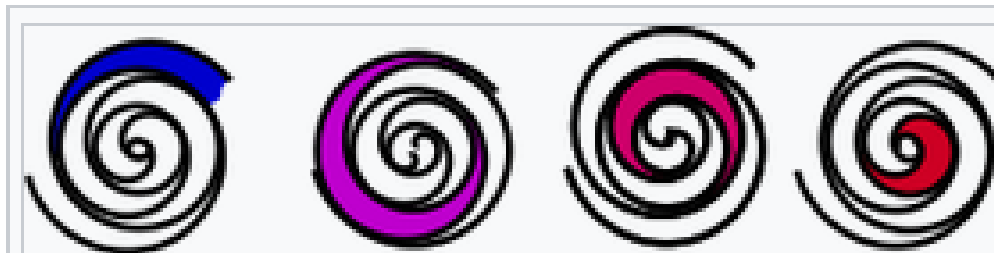
Wärmepumpen brauchen einen höheren Wasserdurchsatz

- **Wärmepumpen legt man am Bedarf des Hauses aus und macht sie nicht unnötig groß.**

Grund:

Unnötige / häufige Verdichterstarts sind schädlich für die Lebensdauer der Wärmepumpe

- Aktuelle Wärmepumpe haben einen Modulationsbereich des Verdichters
- Verdichterstarts können in der SW abgefragt werden und es ist zu optimieren; zB Warmwasser nur 1* am Tag



Arbeitsphasen des
Scrollverdichters:

(1) und (2): Eintritt und Einschluss des
Gases

(3) und (4): Kompression und
Ausströmung

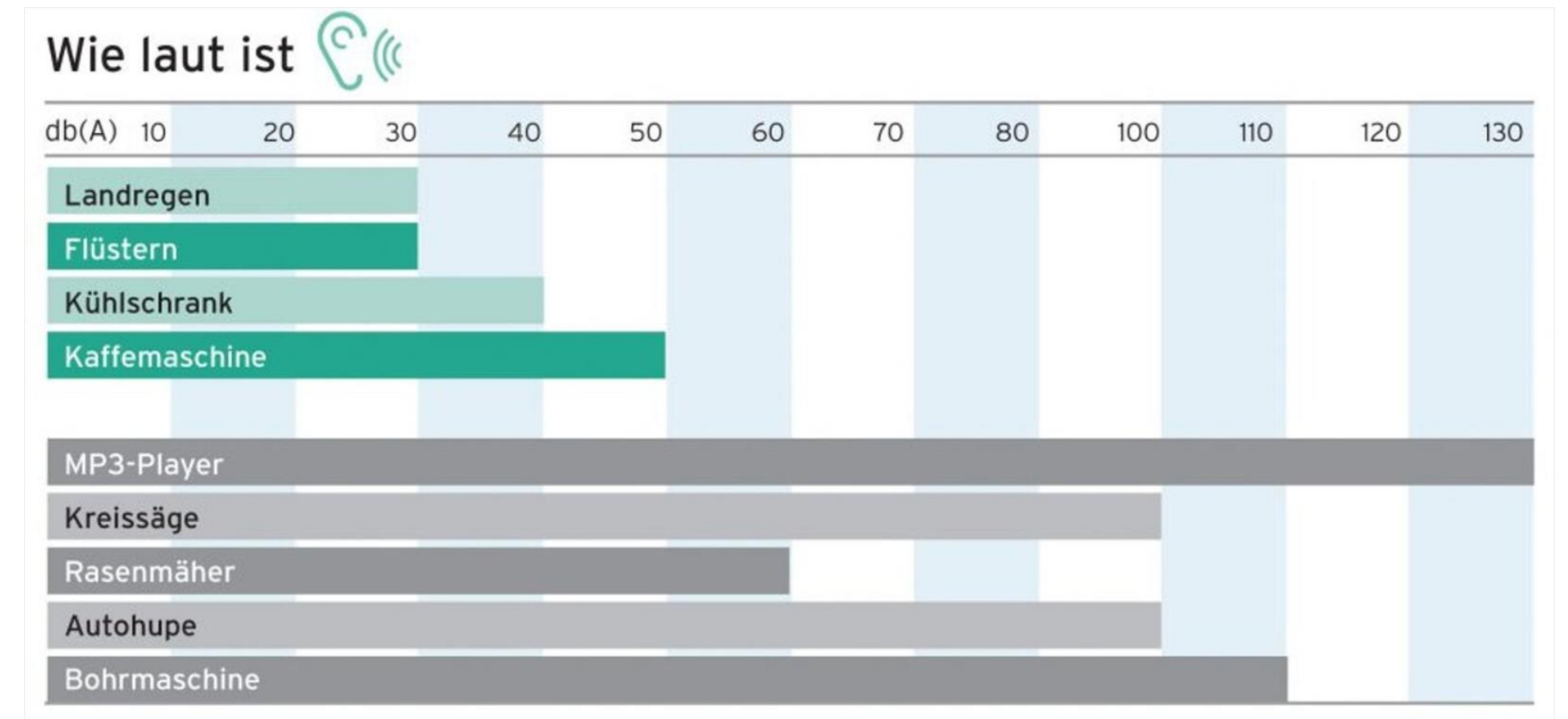
Quelle: Wikipedia



Quelle: Copeland

Datenblatt:

- Messung der Schalleistung direkt am Gerät
- Messung des Schalldrucks in 3 m Entfernung
>> nur gleiche Werte vergleichen
- Typisch zwischen 30 und 60dB(A)
- Abhängig vom Betriebsmodus (Silent / power)
- Empfehlungen:
 - Auf Aufstellungsort achten (nicht am Schlafzimmer / Wandreflektion Schall),...
 - Nicht am Gebäude befestigen (Körperschall)
 - Ggf. leise WP auswählen
 - Ggf. Modus vorsteuern (hohe Leistung nur bei Kälte)
- Schallrechner: <https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>



Der hohe Luftdurchsatz
erfordert ringsum Abstände

Eine Wärmepumpe hat für einen
wirtschaftlichen und
lebensdaueroptimierten
Betrieb **andere** Anforderungen

- Wärmepumpen „lieben“ niedrige Vorlauftemperaturen
- Niedriger Stromverbrauch
- Hohe Lebensdauer

Passgenaue Größe

Umstellung auf Niedrigtemperaturheizung

- Niedrigere Vorlauftemperatur
- Höherer Wasserdurchsatz
- Hydraulischer Abgleich
- Einzelraumregelung abschalten

Kostengünstige Varianten

- „Kleine“ Wärmepumpe, die im Bivalenzbetrieb den aktuellen Wärmeerzeuger unterstützt (im Rücklauf: möglichst ohne hydr. Weiche)
- Split Klimaanlage mit Heizfunktion und mehreren Innengeräten
 - Zusätzlich zur bestehenden Heizung
 - Focus auf wenige Räume
 - SCOP leicht unter Luft/Wasserwärmepumpe
- Wärmepumpe für Warmwasserbereitung
 - Einfache Installation/überschaubare Kosten
 - Wärmequelle ist die Kellerluft; Wärme strömt durch Wände/Boden nach
 - Fossiler Brenner kann im Sommer abgeschaltet werden
- In Verbindung mit großer PV: Heizpatrone in den Warmwasserspeicher
 - Fossiler Brenner kann im Sommer abgeschaltet werden
 - Kosten ca. 8Ct/kWh entgangene Einspeisevergütung



Jeweilige
Förderung
beachten!

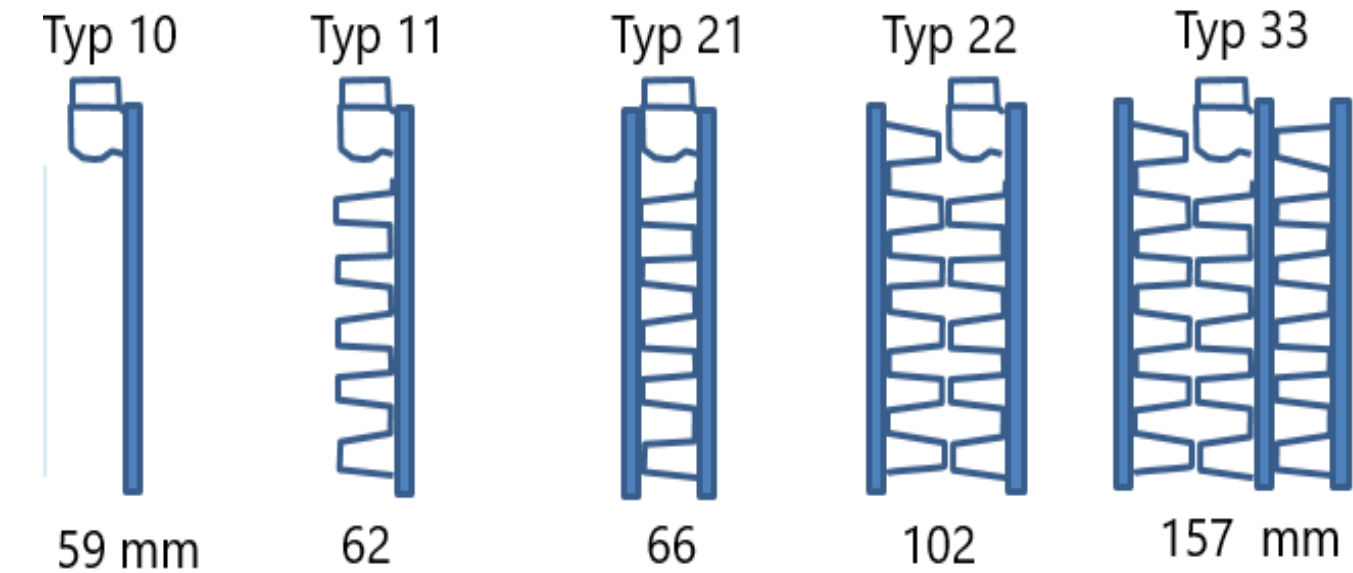


- Wärmebedarf berechnen
 - Wert aus dem Energieausweis oder
 - Selbst berechnen nach „Schweizer Formel“ aus dem historischen Wärmebedarf oder <https://www.ibo-plan.de/heizlastberechnung/andere-berechnungsverfahren/heizlastberechnung-schweizer-formel.html>
 - Heizlastberechnung nach DIN (Bestandteil der Förderunterlagen für BEG EM)
- Auslegungshinweis: Wärmepumpe sollte passgenau /leicht größer/ sein um unnötiges Takten (> Lebensdauer) zu vermeiden
- Minimale Vorlauftemperatur für „Wohlfühlen“ ermitteln
 - An sehr kalten Tagen alle Heizkörper öffnen und die Vorlauftemperatur absenken bis es nicht mehr warm genug ist
 - Räume die nicht mehr warm genug werden > Abschnitt: Maßnahmen Senkung VLT
- Option: Kann das vorhandene hydraulische System den nötigen Wasserdurchsatz leisten (ca 1,5 m³/h) ?
 - Durchsatzmessung mittels eingebauten Wärmemengenzähler (>Installation !)
 - Messung durch aufwendige Technik ohne Installationsänderung
> Abschnitt: Gestaltung Hydraulik

Zb Einrohrheizung

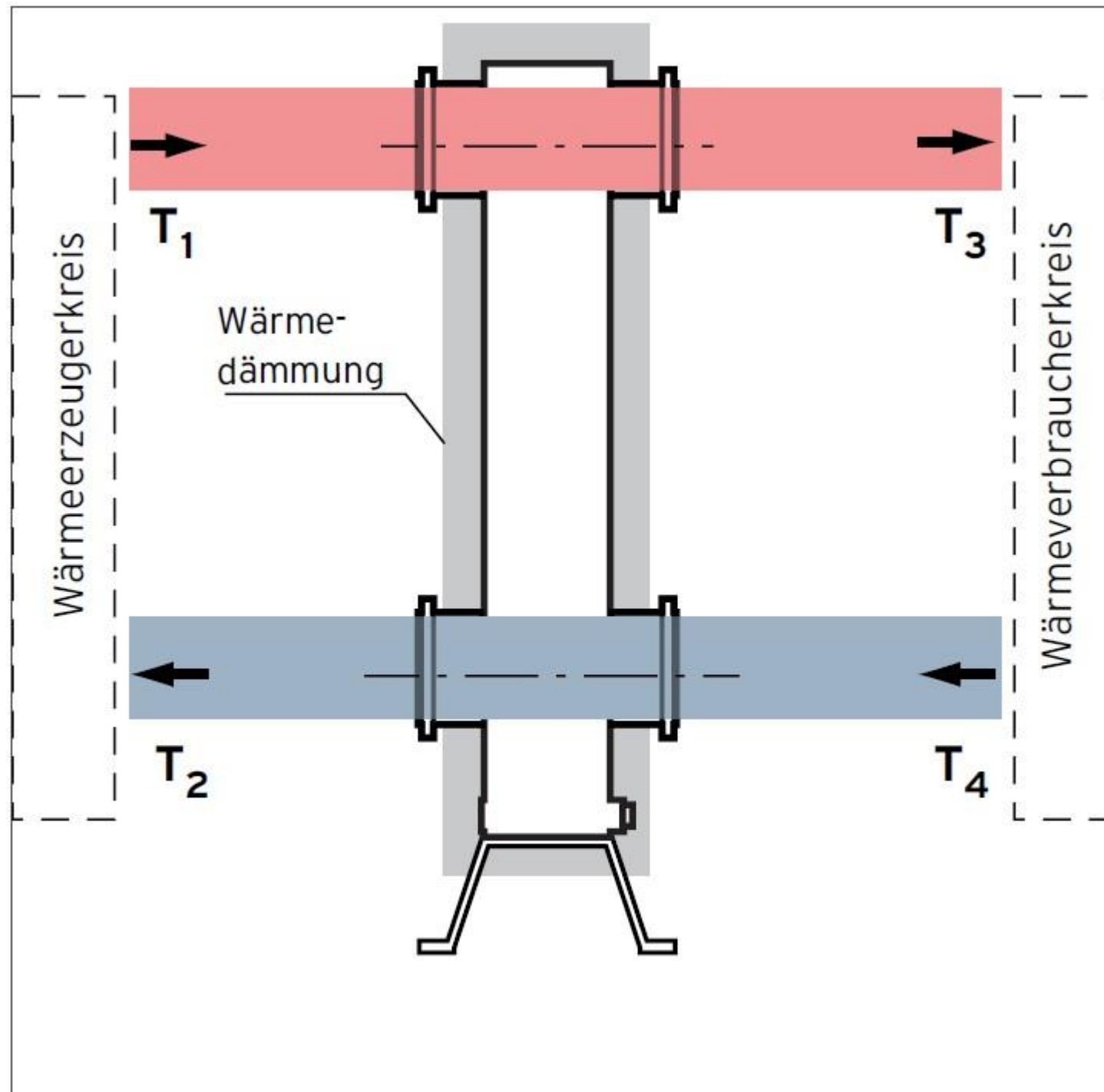
Maßnahmen zur Senkung VLT

- Hydraulischer Abgleich: Durchströmung entfernter Heizkörper erhöhen durch Drosselung anderer Heizkörper (hydraulischer Abgleich)
 - Auch Vorgabe für KfW-Förderung
- Leistungsfähigere Heizkörper (Größe, Dicke)
- Heizkörper Lüfter (Nachrüstung oder Heizkörpertausch)
 - Leistungszuwachs bis zu 50%
 - Leise: weniger als 20dB(A)
- Wand- und Deckenheizung mit Wasserkreislauf (NICHT Elektro-Infrarot-Heizung mit COP=1)

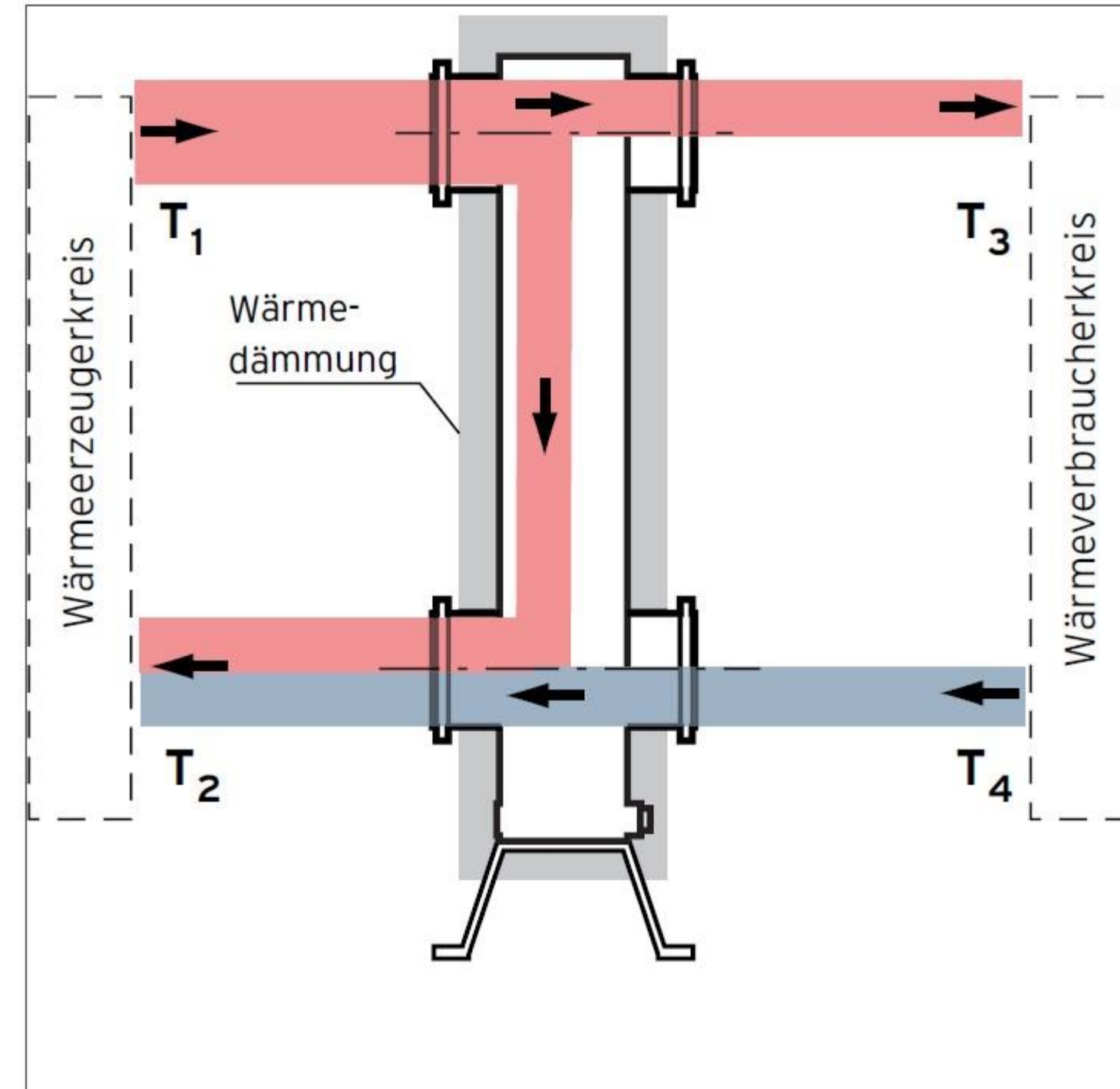


- **Der energieeffizienteste Betrieb ist eine direkte Ankopplung der Heizkreise ohne hydraulische Weiche**
- Das System ist hydraulisch abgeglichen
- Alle (relevanten) Heizkörper sind stets ganz offen (keine Einzelraumregelung ERR)
- Ein Puffer und/oder hydraulische Weiche wird eingesetzt, wenn
 - Geringe Energiespeichermenge (zB nur Heizkörper) > Schädliches Takten der Wärmepumpe
 - Wasserdurchsatz kann nicht geleistet/gewährleistet werden (Heizkörpergeräusche ab ca 200l/h; ERR aktiv)
 - Risikominimierung des Installateurs / Herstellers
- Zur hydraulischen Weiche und zum Puffer und dessen Gestaltung gibt es vielfältige Diskussionen
- Eine mögliche Energiespeicherung im Puffer ist überschaubar:
(20 Grad Hub nutzbar; 1m^3 ; $C=1,16\text{KWh/m}^3/\text{K}$) 23,2KWh

Hydraulische Weiche



Quelle: SBZ Monteur



Zur Vermeidung eines „hydraulischen Kurzschlusses“ wird die Anbindung als Stichleitung empfohlen

Warmwasserspeicher/„Boiler“

- Das gesamte Warmwasser wird in einem Boiler gespeichert
- Edelstahl / Emailliert
- Kostengünstig
- Legionellen: zB 1* monatlich auf > 60 Grad aufheizen



Prinzip Wärmetauscher

- Analog zu Durchlauferhitzer
- Nur das aktuell benötigte Warmwasser wird im Wärmetauscher erhitzt
- Bevorratung der Wärme im Speicher

Hygienespeicher

- Wärmetauscher im Speicher verbaut
- Oft in baulicher Einheit mit Puffer/hydraulischer Weiche

Frischwasserstation

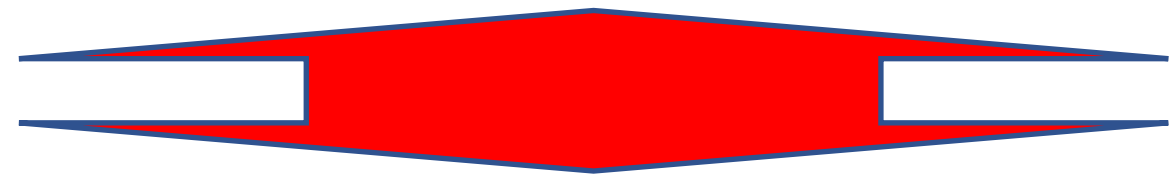
- Wärmetauscher extern



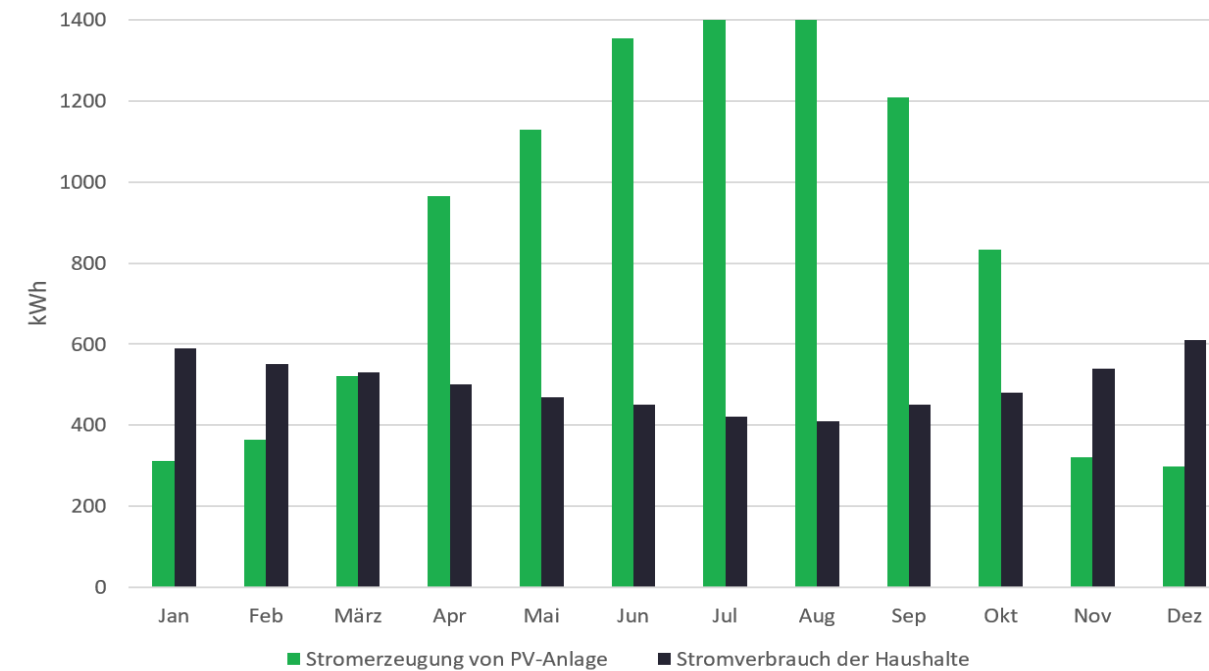
Quelle: Bosy-online

Unterstützung durch Solarstrom /1

PV-Ertrag Dezember:
21 % vom Juliwert
ODER:
Klimatisch hat Stuttgart Mitte im Dez
nur 50 Sonnenstunden



Der Heizgasverbrauch im Dez sind
15,5% des Jahres.
In den 4 Wintermonaten braucht man
56% des Jahresheizenergiebedarfs

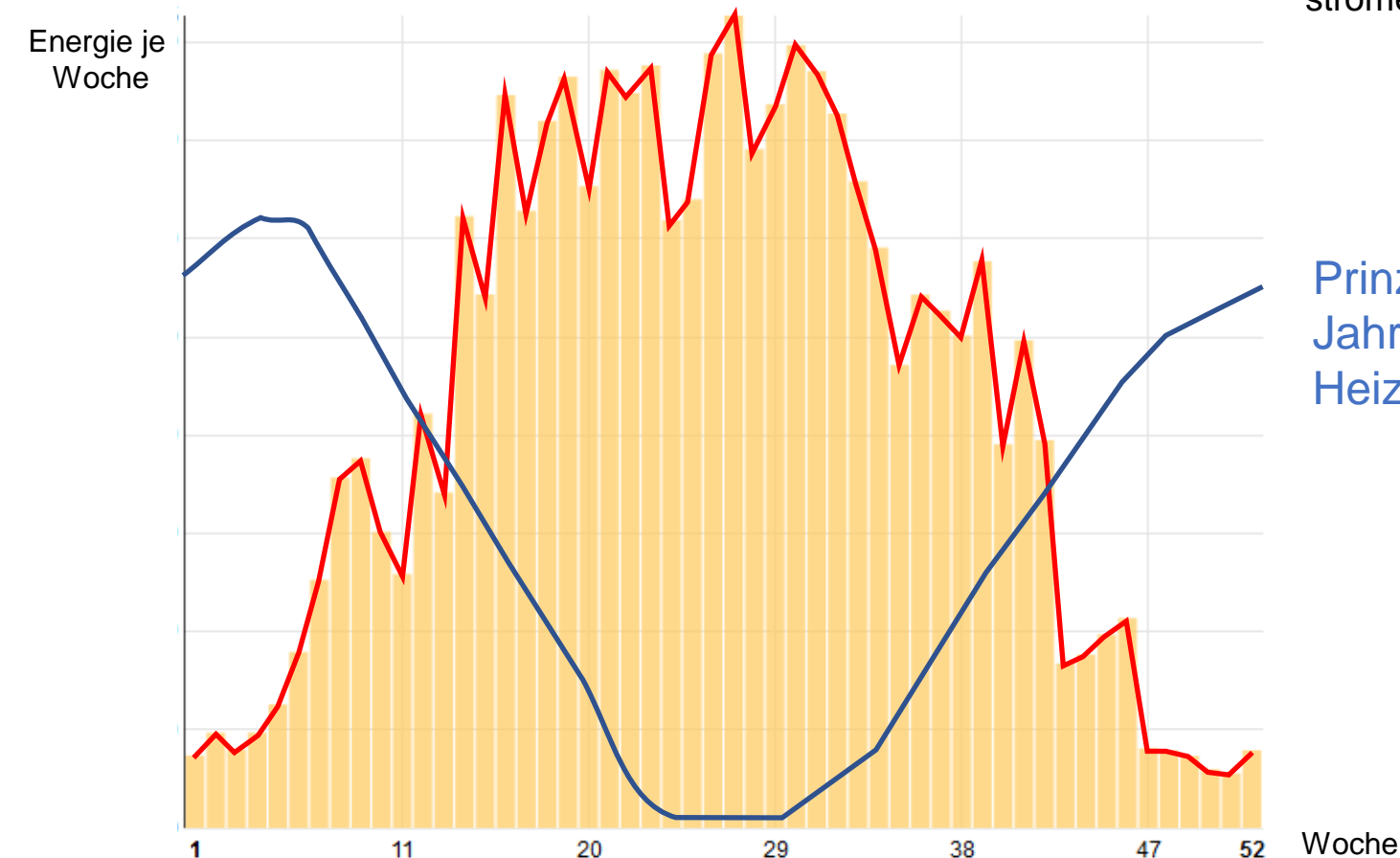


Beispiel:

- 10 kWp PV
- Haushalt mit 6 000 kWh Jahresstromverbrauch

Quelle: Pax Solar

<https://www.pax-solar.de/haushalt-pv-anlage-stromerzeugung-abdecken/>



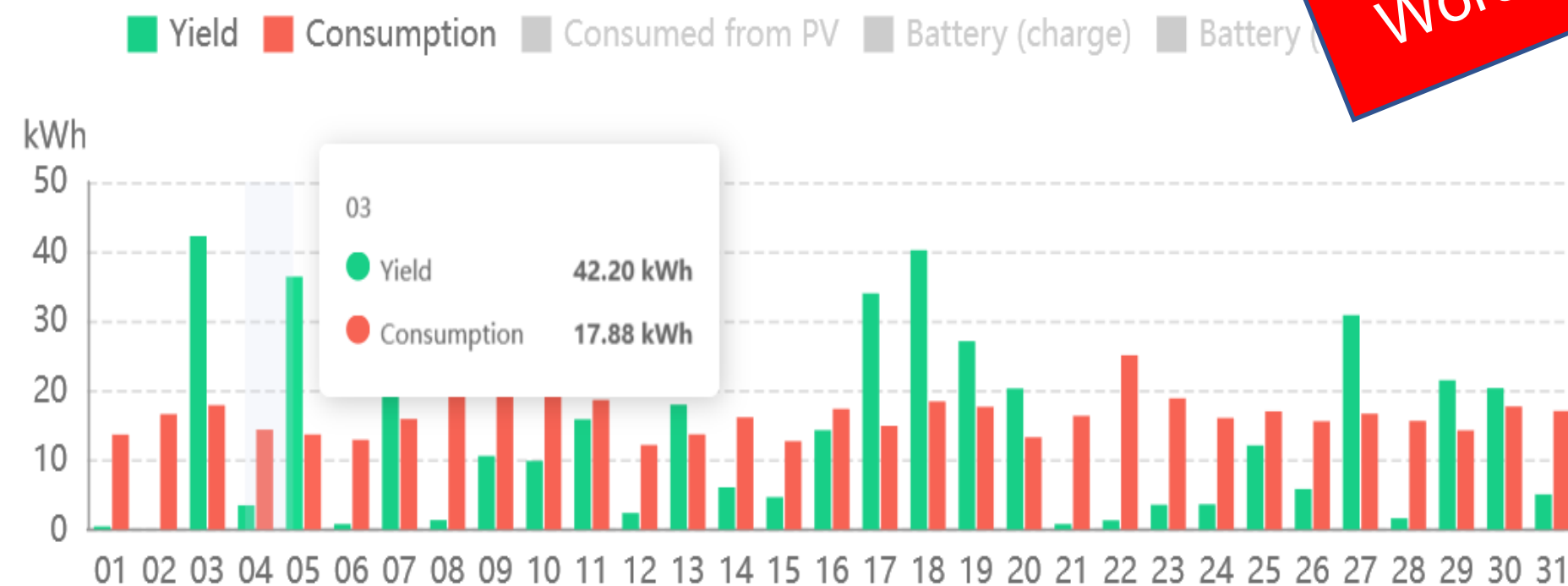
Gegenläufigkeit Sonneneinstrahlung und Heizenergiebedarf limitiert den Nutzen aus PV-Strom

PV-Erträge im Jahresverlauf und deren Schwankungen

Beispiel: Dezember 2023 in WN

- 24 kWp PV (111 m²) hat den Haushaltsbedarf (6000 kWh p.a.) an 21 von 31 Tagen teilweise decken können.
- An 5 sonnigen von 31 Tagen war genug Überschuss für ein E-Auto oder eine WP

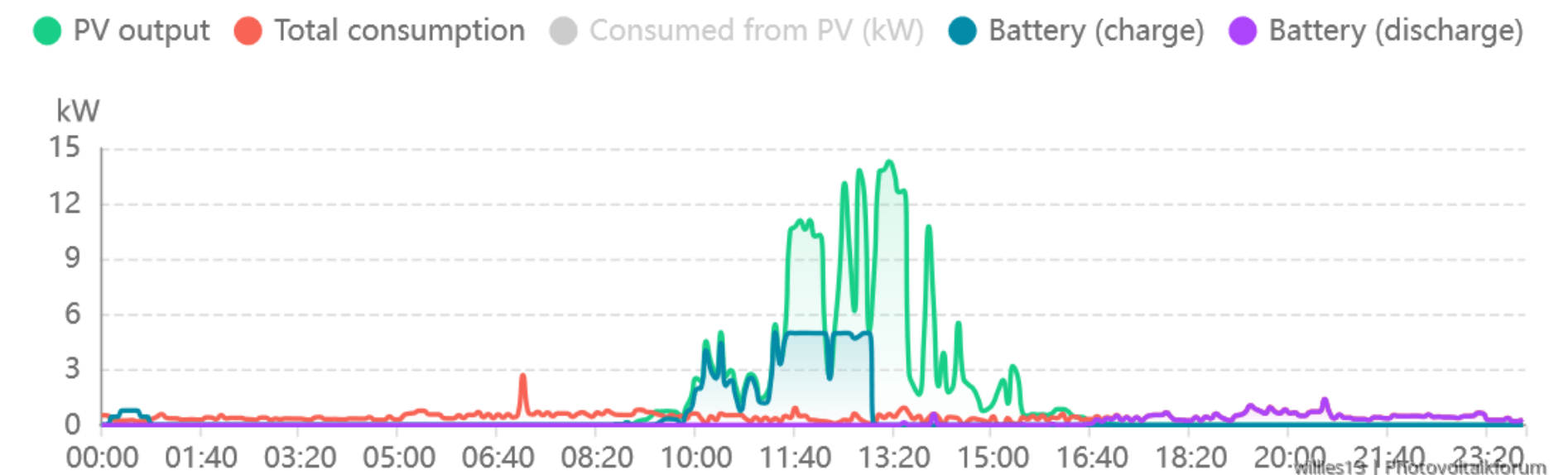
Worst case



Maximale Belegung des Daches

Beispiel: Ein sonniger Januar Tag

- An 7 von 24 h (=30%) scheint die Sonne brauchbar für die PV mit einer Ist-Peakleistung von 24 kWp
- 10 kWh Energiespeicher erhöht an diesen 24 h den Autarkiegrad auf > 80%; simuliert auf das ganze Jahr von 34% auf 61%



Energiespeicher erhöht Autarkie gravierend

Ohne Puffer /Speicher

Anteil durch Unterstützung mit einer „großen PV“ ca. **20%** des Jahresstrombedarfs
(Quelle: Peter Klafka; eigene Rechnung)

Langzeitpuffer

Pufferung über Monate (zB großer Wasserspeicher) ist limitiert.
Beispiel: 10 000l speichern bei 20K
Hub 232 kWh

Tag / Nachtpufferung

- Elektrischer Speicher (teuer; Hebel/COP 4..5)
- Thermischen Pufferspeicher (1m³; 20K; 23kWh; wirtschaftlich ???)
- Nutzung des Gebäudes (FBH) als thermischen Speicher durch 1..2K Temperatur mehr am Tag; errechnetes Potential: 30..40% des Jahresstrombedarfs aus PV

Pufferung limitiert durch Speichermöglichkeiten und wenig PV-Energie im Winter

Basisförderung (30 Prozent)

Diese Förderung gibt es für alle Verbraucher, die einen fach- und sachgerechten Heizungstausch auf eine neue, förderfähige Wärmepumpe im Rahmen der BEG-Förderrichtlinie durchführen lassen.

Klima-Geschwindigkeits-Bonus (20 Prozent)

Dieser Bonus kommt obendrauf, wenn die Wärmepumpe eine mindestens 20 Jahre alte Gaszentralheizung oder eine alte Kohle-, Öl-, Nachtspeicher- oder Gasetagenheizung (unabhängig vom Alter) ersetzt. Wichtig: Die alte Heizung muss funktionsfähig sein, um den Bonus zu erhalten - Sie sollten den Heizungstausch also nicht unnötig hinauszögern!

Einkommensabhängiger Bonus (30 Prozent)

Dieser neue Bonus wird gewährt, wenn das zu versteuernde Jahreseinkommen aller Haushaltsmitglieder nicht mehr als 40.000 Euro beträgt. Nachgewiesen wird das Einkommen über den Steuerbescheid des Finanzamts.

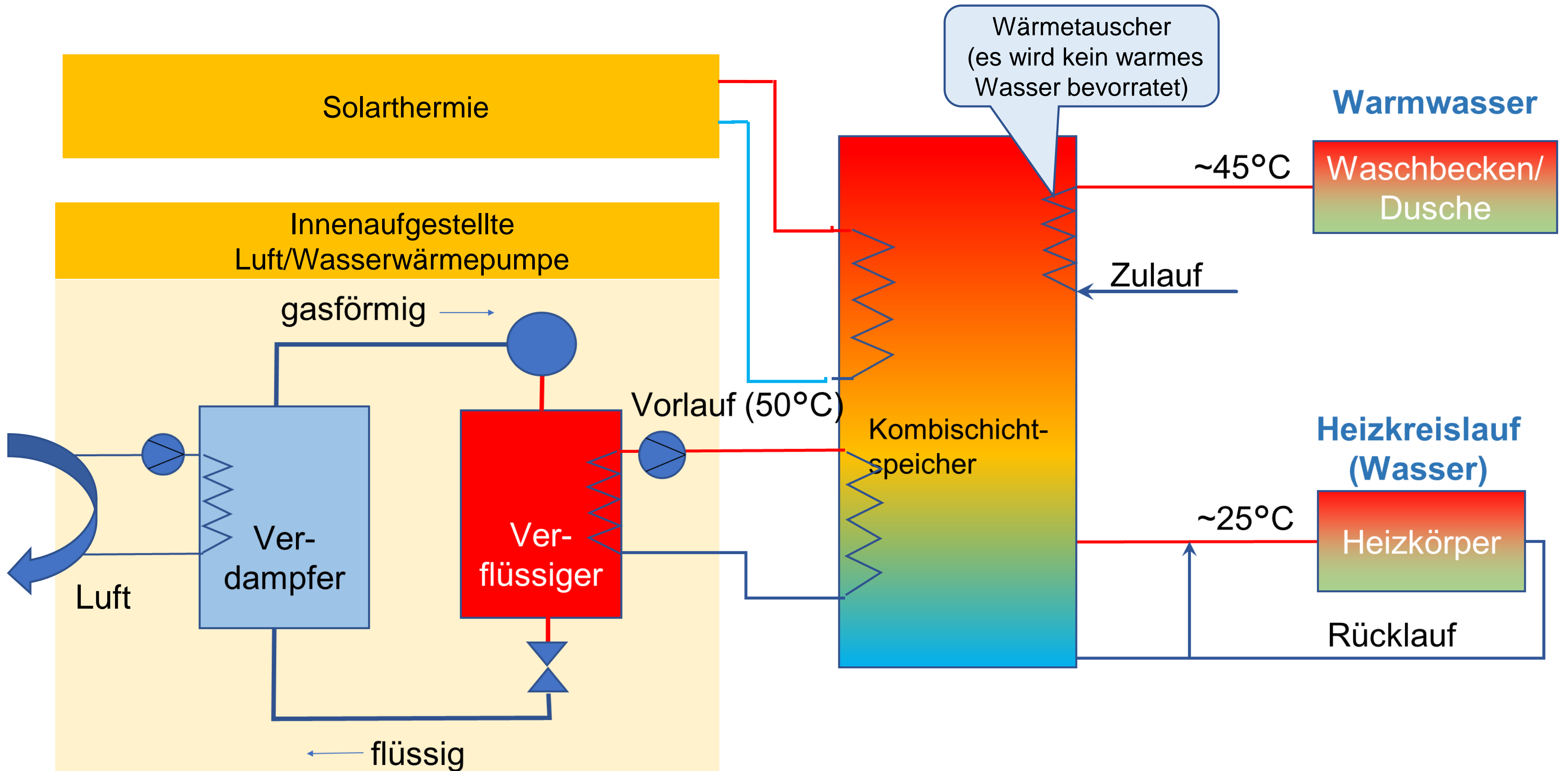
Effizienzbonus (5 Prozent)

Dieser Bonus ist mit dabei, wenn die Wärmepumpe ein besonders klimafreundliches natürliches Kältemittel nutzt oder alternativ besonders effiziente Wärmequellen wie Geothermie erschlossen werden.

Wichtig:

Die Förderung ist auf maximal 70 Prozent Zuschuss gedeckelt. Es werden Investitionskosten von maximal 30.000 Euro für die erste Wohneinheit berücksichtigt, Sie erhalten also maximal 21.000 Euro Förderung.

Praxisbeispiel einer WP in einer DHH



Setup

- Wärmepumpe WPL 18 (in Betrieb seit 2017) mit Kombipufferspeicher (800l) für Heizung und Warmwasser
 - Vorlauftemperatur ca. 50°C
 - Leistungsaufnahme:
 - Heizen: 20.140kWh (5979h)
 - Warmwasser: 5.348kWh (1406h)
 - Erzeugte Wärmemenge:
 - Heizen: 71.326kWh → Durchschnittliche Leistungszahl von $71326/20140=3,54$
 - Warmwasser: 17.505kWh → Durchschnittliche Leistungszahl von $17505/5348=3,27$
- Gesamtverbrauch von 25.488kWh in 7,5 Jahren → ~3.400kWh/Jahr
- Unterstützung durch Solarthermie

Doppelhaushälfte
aus 2016
Ca 160 m² Wohnfläche

- Bei bestehender älterer Heizung (Öl, Gas, Strom) und absehbarer Notwendigkeit zum Tausch
 - „Ja“ zum Umstieg auf Wärmepumpe
 - Kein Investment in Erneuerung der fossilen Technik
 - Üppige Förderung macht Zusatzinvestition „erträglicher“; Null CO2 Emission
- Die Auswahl des Handwerkers ist wichtiger als sonst
 - Kompetenz bzgl Wärmepumpe
 - Herstellerspezifisches Know how
- Die Analyse & Planung einer Wärmepumpeninstallation ist Aufwand.
Alternativ sind im Angebot Vorhalte und Sicherheiten enthalten



„Take-aways“ Wärmepumpe

Die Planung eines Umstieges auf eine Wärmepumpe erfordert Kompetenz und ist Aufwand

Auf gute Leistungszahlen (JAZ, SCOP) achten

Umstellung auf Niedrigtemperaturheizung: Das vorhandene Wärmeverteilsystem und die Wärmepumpe sind aufeinander zu adaptieren

Der Nutzen aus Photovoltaik ist limitiert

Auf eine leise Wärmepumpe achten !

Niedrige Vorlauftemperaturen sind wichtig für die laufenden Kosten !

Monoblock oder Split ?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Backup /OLD

Ich baue jetzt seit knapp 15 Jahren Wärmepumpen bei Kunden im Bestand ein und betreibe auch selbst einen Monoblock seit 9 Jahren in einem Altbau mit 220m² von 1962 ("WDVS" von 1986, [Fenster](#) 2012 und Dach 2018 ausgebaut und erneuert), mit VL/RL 50/45 und habe im Gegensatz zu den

vorherigen 2800-3000l Öl-Verbrauch nun noch einen Verbrauch von 4500kWh für die Wärmepumpe. Das ist weniger als 1/6!

Von 29000 kWh
auf 4500 kWh

Und m.E. liegt das nicht daran, dass die Wärmepumpe so geil ist, sondern

- dass mit der Wärmepumpe der hydraulische [Abgleich](#) gemacht wurde,
- die Einzelraumregler nicht mehr betrieben werden
- und natürlich die [Heizleistung](#) dem tatsächlichen Bedarf des Gebäudes angepasst wurde, wodurch der neue Wärmeerzeuger nicht mehr 100% des Jahres taktet.

Meine errechnete Arbeitszahl liegt übrigens bei 3,7.

Beispielverbrauch einer WP/Jahr

Wärmepumpen- Typ	Wärmeenergie für Heizung	JAZ für Heizung	Stromverbrauch Wärmepumpe für Heizung	Wärmeenergie für Warmwasser	JAZ für Warm- wasser	Stromverbrauch Wärmepumpe für Warmwasser	Stromverbrauch Wärmepumpe gesamt (Heizung+Warmwasser)
Luftwärmepumpe	6.000 kWh	2,8	2.143 kWh (= 6.000 kWh/ 2,8)	4.000 kWh	2,4	1.666 kWh (= 4.000 kWh/ 2,4)	3809 kWh (= 2143 kWh + 1666 kWh)
Erdwärmepumpe	6.000 kWh	4,0	1.500 kWh (= 6.000 kWh/ 4,0)	4.000 kWh	3,8	1.052 kWh (= 4.000 kWh/ 3,8)	2552 kWh (= 1.500 kWh + 1.052 kWh)
Wasser- Wärmepumpe	6.000 kWh	4,8	1.250 kWh (= 6.000 kWh/ 4,8)	4.000 kWh	4,5	888 kWh (= 4.000 kWh/ 4,5)	2138 kWh (= 1.250 kWh + 888 kWh)

Beispiel aus: [Wärmepumpe Stromverbrauch | Effizienzhaus-online](#)
Annahme: Energiebedarf für Warmwasser und Heizung = 10.000kWh/Jahr