

Projektierung von Wärmepumpenanlagen

- Leistungszahl Arbeitszahl -

1. Leistungszahl - Arbeitszahl

1. Messergebnisse
2. Anforderungen

2. Systemtechnik für eine hohe Jahresarbeitszahl

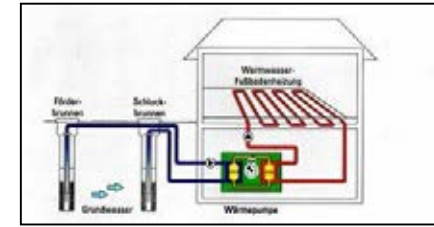
3. Planungshinweise und Erfahrungen

Hochschule München
Versorgungstechnik
80335 München
werner.schenk@hm.edu

Ing.-Büro Prof. W. Schenk
83026 Rosenheim



Definitionen hier:



Leistungszahl COP:

$$\text{COP} = \frac{\text{Heizleistung [kW]}}{\text{Antriebsleistung [kW]}}$$

1. Leistungsaufnahme des Verdichters bei bestimmten Temperaturen: W10/W35, B0/W35, A2/W35
2. Anteilige Leistungsaufnahme der Pumpen zur Durchströmung der WP

Optimierungsmöglichkeiten der Arbeitszahl:

Arbeitszahl:

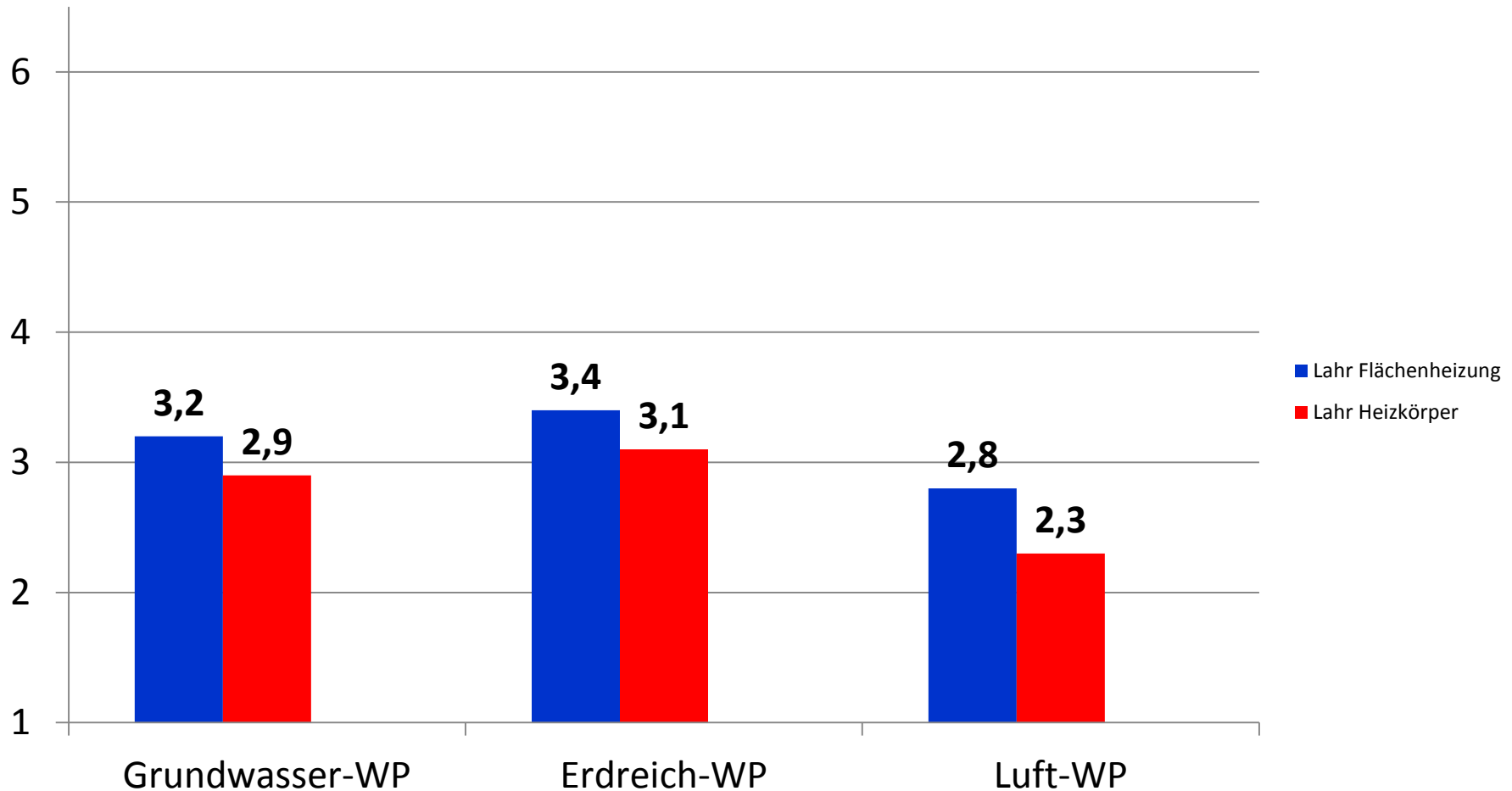
$$\beta = \frac{\text{Heizarbeit [kWh]}}{\text{Antriebsenergie [kWh]}}$$

1. Stromverbrauch Verdichter
2. Stromverbrauch Wärmequellenpumpe

1. Minimierung der Temperaturdifferenz: Wärmequelle – Wärmenutzung
2. Minimierung der Hilfsantriebe
3. Hoher COP der Wärmepumpe²

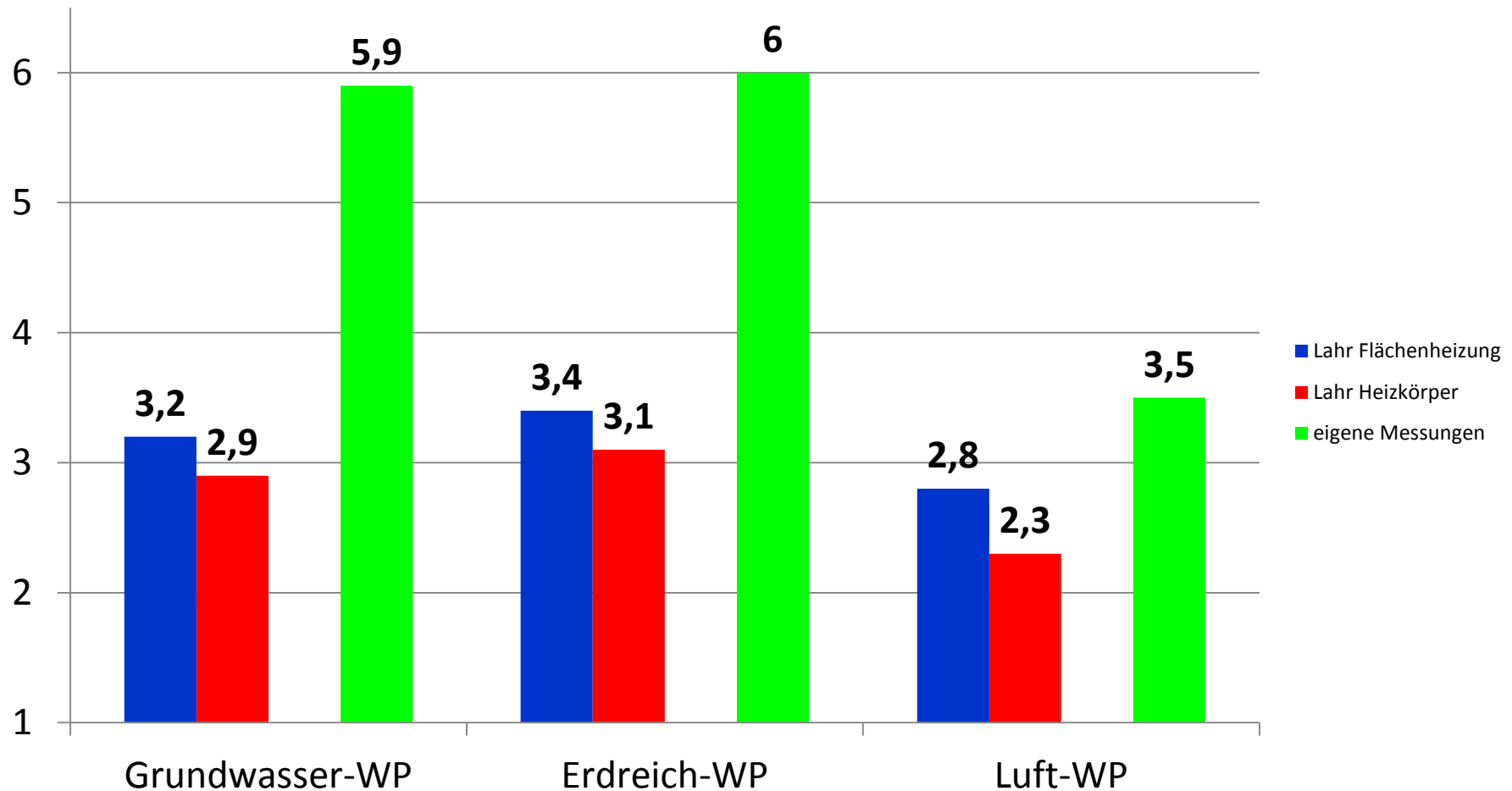
Ergebnisse einer unabhängigen Feldtest-Untersuchung mit 33 Wärmepumpen-Anlagen:

Quelle: „Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr



Ergebnisse einer unabhängigen Feldtest-Untersuchung mit 33 Wärmepumpen-Anlagen:

Quelle: „Lokale Agenda 21 – Gruppe Energie Lahr



Betriebsgebäude Dortmund



Beheizte Fläche 1.440 m²

Büro: 760 m²

Halle 680 m²

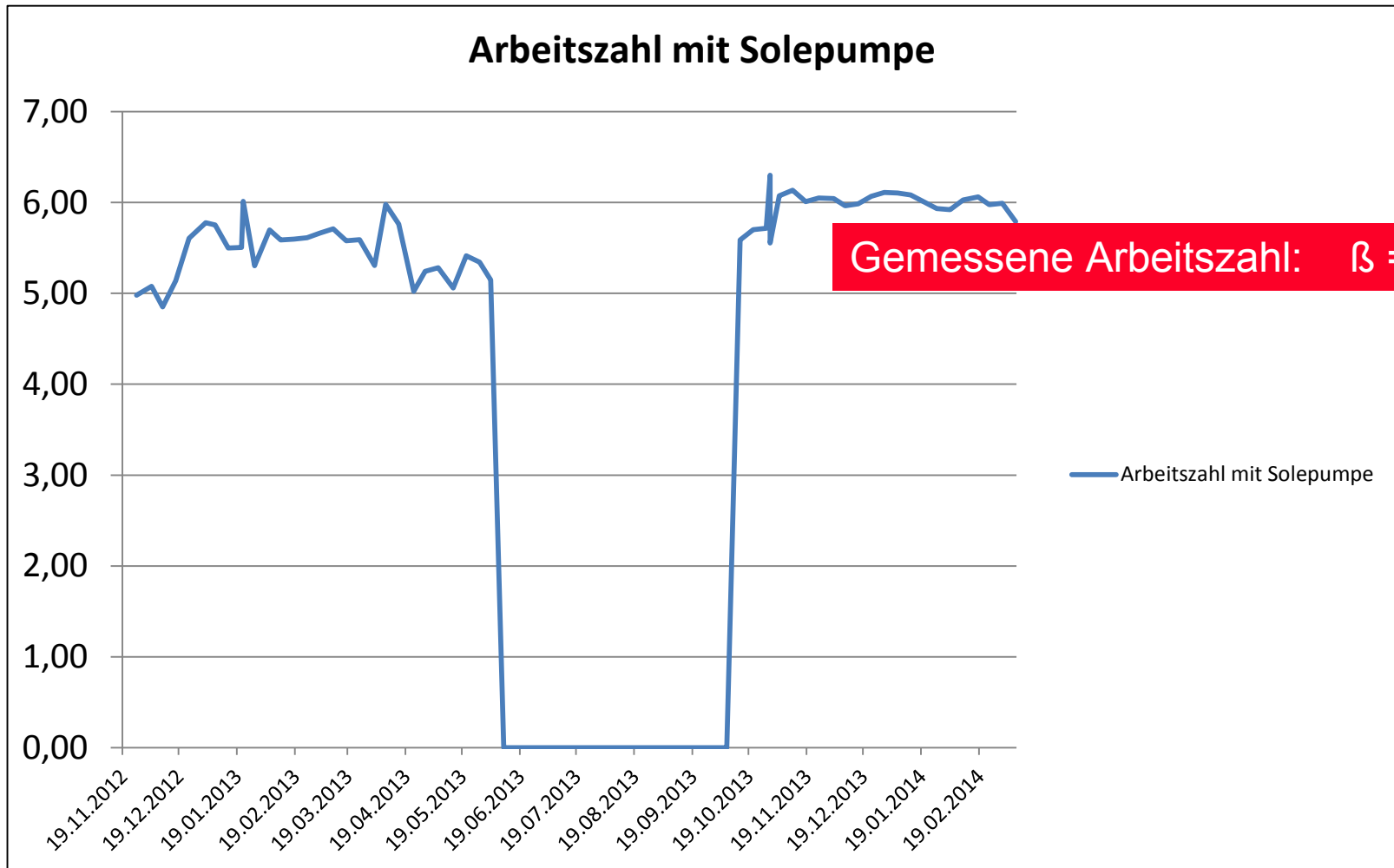
Solewärmepumpe

Heizleistung 28,8 kW

COP (0/35) 4,83

Wärmepumpenanlage mit 5 Erdwärmesonden je 130 m

Betriebsgebäude Dortmund



Wärme- und Kälteerzeugung

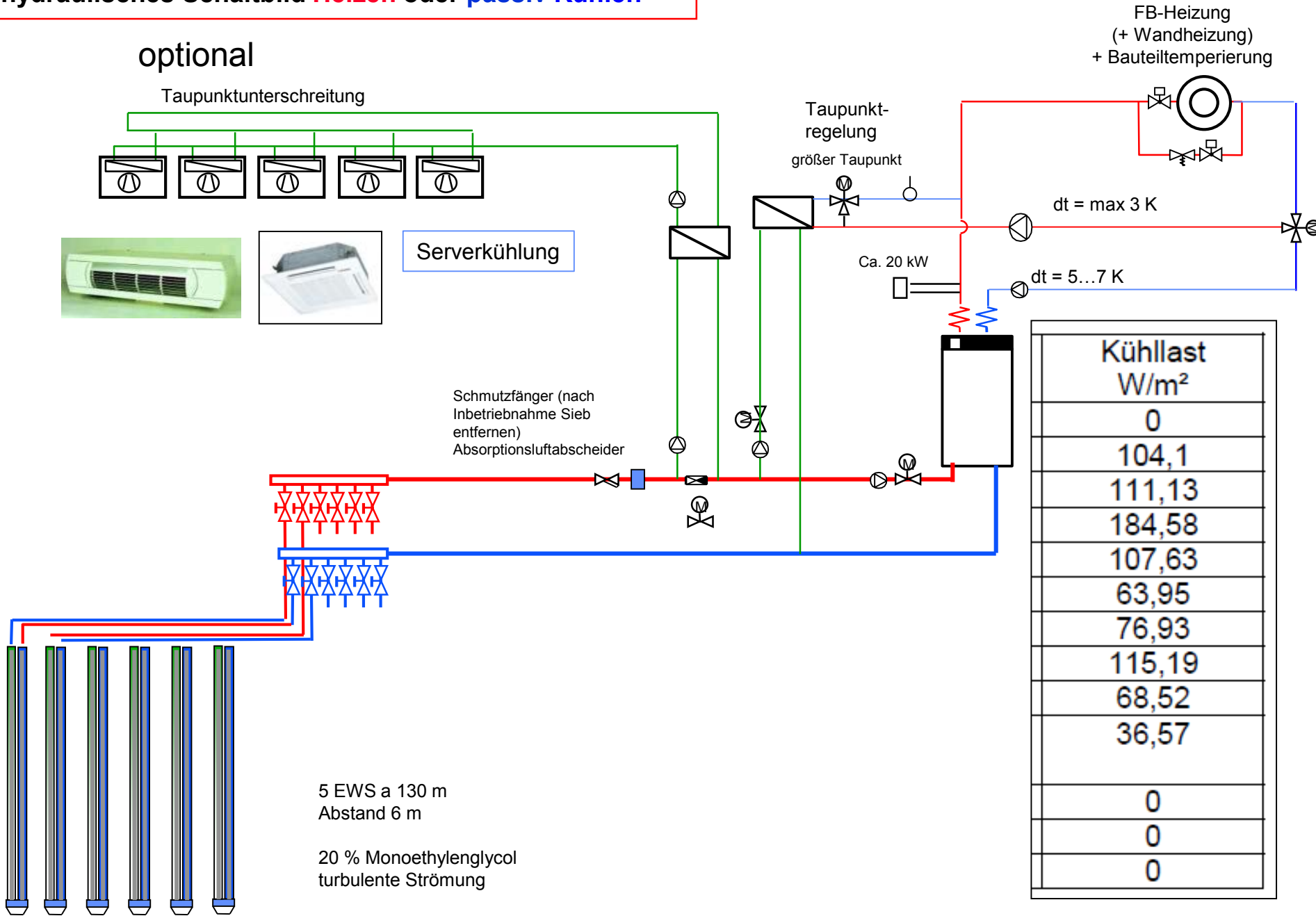
12.000 kWh/a

2.400 €/a

1,66 €/m²/a

Betriebsgebäude Dortmund

hydraulisches Schaltbild Heizen oder passiv Kühlen



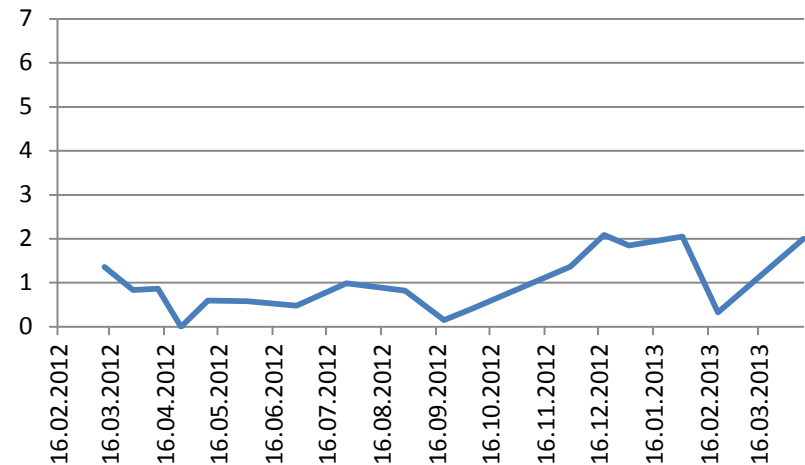
Bankgebäude Rosenheim

Kompakt-Erdwärmesonden-Wärmepumpe zum Heizen und Kühlen



Gemessene Arbeitszahl: $\beta = 1,9$

Arbeitszahl



Hauptfehler: Überdimensionierte WP: 50 kW für 300 m² = 15 kW

- Kurze Laufzeit der Verdichter
- Soleumwälzpumpe
 - Hohe Leistungsaufnahme da 15 mWS und Dimensionierung für 3 Verdichter
 - läuft ständig: 8.000 kWh von 20.000 kWh

Anforderungen an die Wärmepumpenanlage

Erneuerbare Energien Wärme Gesetz

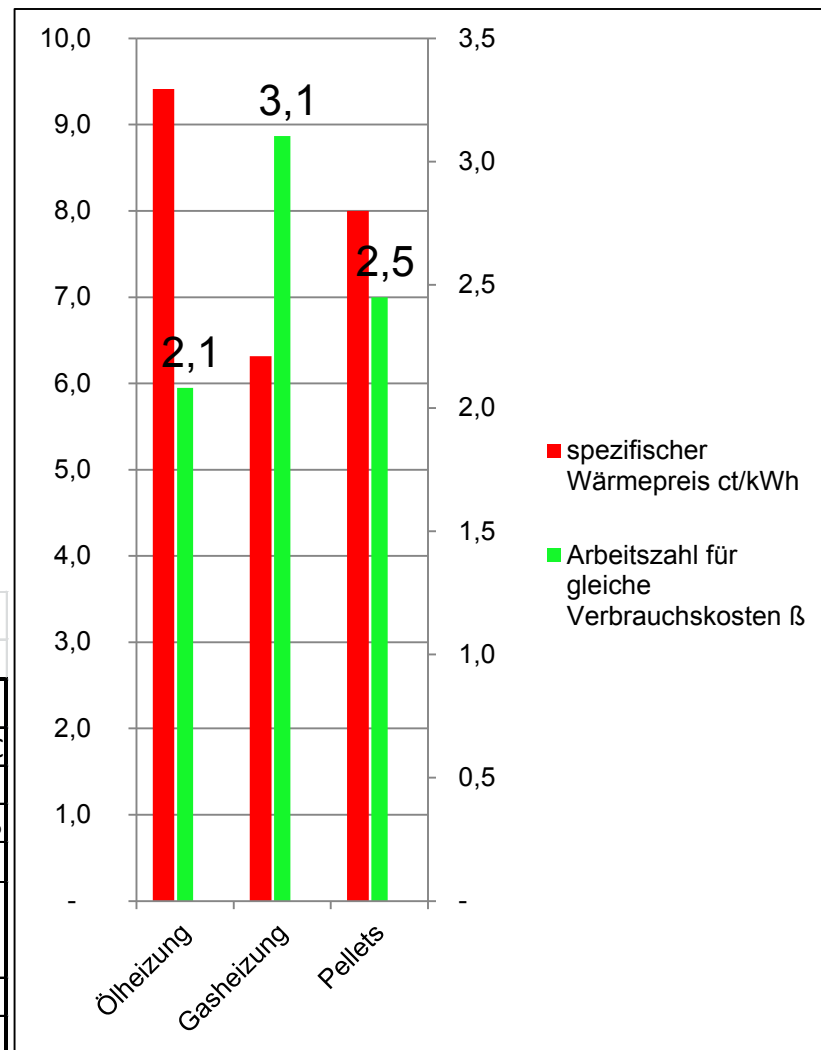
BAFA-Förderung

75 % aller Häuser sind vor 1970 gebaut

geringe Verbrauchskosten:

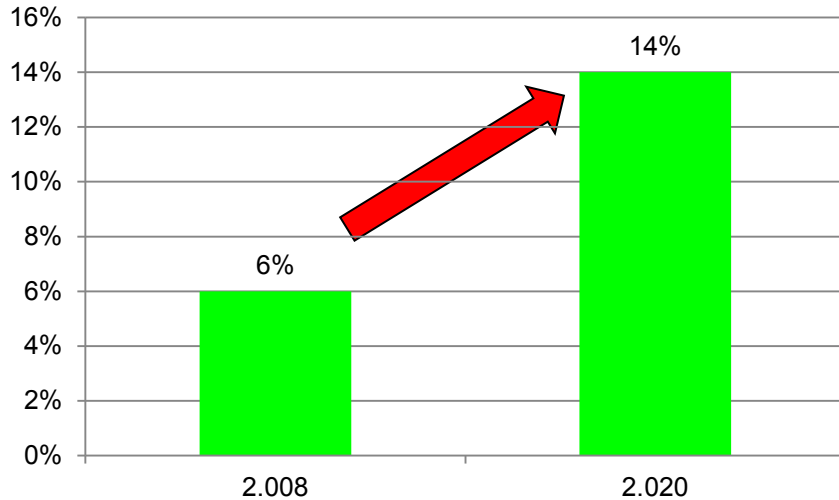
Wie effizient muss die Wärmepumpe sein?

		Ölheizung	Gasheizung	Pellets
Preis in pro l, m ³ bzw in t		0,80 €	0,60 €	288 €
Wärmeinhalt	kWh	10	10	4.500
Nutzungsgrad		85%	95%	80%
spezifischer Wärmepreis	ct/kWh	9,4	6,3	8,0
Arbeitszahl für gleiche Verbrauchskosten	β	2,1	3,1	2,5
Wärmepumpentarif ct/kWh	19,6			



Erneuerbare Energien Wärme Gesetz (Bauantrag ab 1.1.2009)

Anteil erneuerbarer Energien Wärme- und Kältemarkt



Seit 2011 bei öffentlichen Gebäuden auch bei Sanierung
(= 20 % der Außenfläche oder Kesselsanierung)

15 % des Gesamtwärmeenergiebedarfs:

- **Wärmeenergiebedarf**
- **Kälteenergiebedarf für Kühlung**

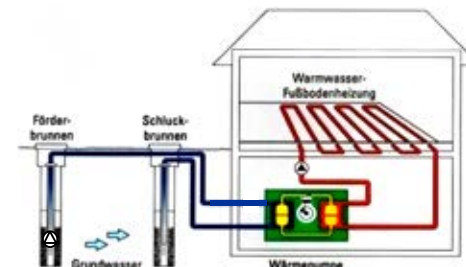
Wohngebäude:

→ DIN V 4701-10 Wohngebäude oder nach

Nichtwohngebäude:

→ DIN V 18599 den

1. Solarthermische Anlage
2. Biomasse
3. Geothermie und Umweltwärme
4. Ersatzmaßnahmen

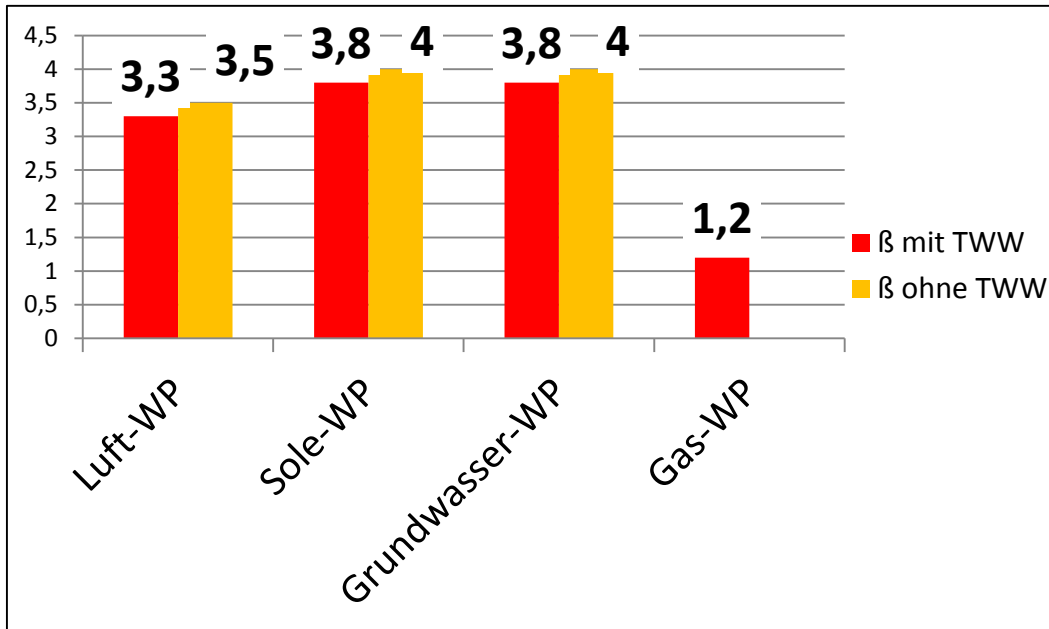


Erneuerbare Energien Wärme Gesetz

3. Geothermie und Umweltwärme = Wärmepumpe;
mindestens 50 % Deckung

Deckungsanteil: bezieht sich auf Wärme + Kältemenge

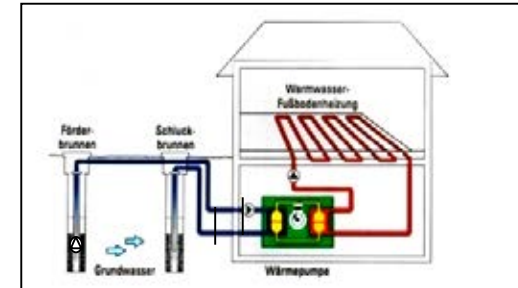
Mindestarbeitszahlen



Bei Sanierung öffentlicher Gebäude: alle Werte - 0,2

Gefordertes Umweltzeichen:

- „Euroblume“ oder
- „Blauer Engel“ oder
- „European Quality Label for Heat Pumps“ (Version 1.3)



1. Berechnung nach VDI 4650
2. Messeinrichtungen
 - Stromzähler
 - Wärmemengenzähler
3. Keine Messeinrichtungen, wenn Wärmequelle Grundwasser oder Sole und Vorlauftemperatur nachweislich bis max. 35 °C

Maßnahme		Förderung	Basisförderung im Gebäudebestand
Elektrisch betriebene Luft/Wasser-Wärmepumpe JAZ ≥ 3,5	bis 20 kW	pauschal 1.300 €	zusätzlich 500 € ⁵⁾ für Wärmepumpen mit einem Speicher mit mind. 30 l/kW
	20 kW bis 100 kW	pauschal 1.600 €	
Wasser/Wasser- oder Sole/Wasser-Wärmepumpe gasbetrieben: JAZ ≥ 1,3 elektrisch betrieben: JAZ ≥ 3,8, in Nichtwohngebäuden: JAZ ≥ 4,0 oder	bis 10 kW	pauschal 2.800 €	
	10 kW bis 20 kW	2.800 € + 120 € je kW (ab 10 kW) ¹⁾	
Gasbetriebene Luft/Wasser-Wärmepumpe JAZ ≥ 1,3	20 kW bis 22 kW	pauschal 4.000 €	
	22 kW bis 100 kW	2.800 € + 100 € je kW (ab 10 kW) ²⁾	

◆ Es gelten die Bestimmungen der Richtlinien vom 20. Juli 2012.

◆ Wärmepumpen werden **nur im Gebäudebestand** gefördert.

Ausnahme: Wärmepumpenanlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme.

Gebäudebestand: Ein Gebäude, für das vor dem 01.01.2009 eine Bauanzeige erstattet oder ein Bauantrag gestellt wurde und

1) Die zusätzliche Förderung bemisst sich an dem Anteil der Nennwärmeleistung der 10 kW übersteigt. Die Gesamtförderung beträgt:
2.800 € + ((Nennwärmeleistung - 10) × 120 €)

2) Die zusätzliche Förderung bemisst sich an dem Anteil der Nennwärmeleistung der 10 kW

BAFA-Förderung = MAP

Förderung für Bauantrag vor 1. Januar 2009

1. kombinierte Raumbeheizung und Warmwasserbereitung von Wohngebäuden
2. Raumbeheizung von Nichtwohngebäuden
3. Prozesswärme oder von Wärme für Wärmenetze

1. Mindestanforderung Arbeitszahl:

- Sole- und Wasser/Wasser-WP in Wohngebäuden $\beta \geq 3,8$
- Sole- und Wasser/Wasser-WP in Nichtwohngebäuden $\beta \geq 4,0$
- Luft/Wasser-WP $\beta \geq 3,5$
- Ab 100 kW $\beta \geq 3,8$
- gasbetriebenen WP $\beta \geq 1,3$

1. Berechnung nach VDI 4650
2. Messeinrichtungen
 - Stromzähler/Gaszähler
 - Wärmemengenzähler
3. Ab 100 kW: statt 1. und 2.: Fernauslese
4. Nachweis hydraulischer Abgleich
5. Nachweis Anpassung der Heizkurve
6. Heizkreisumwälzpumpe Energielabel A

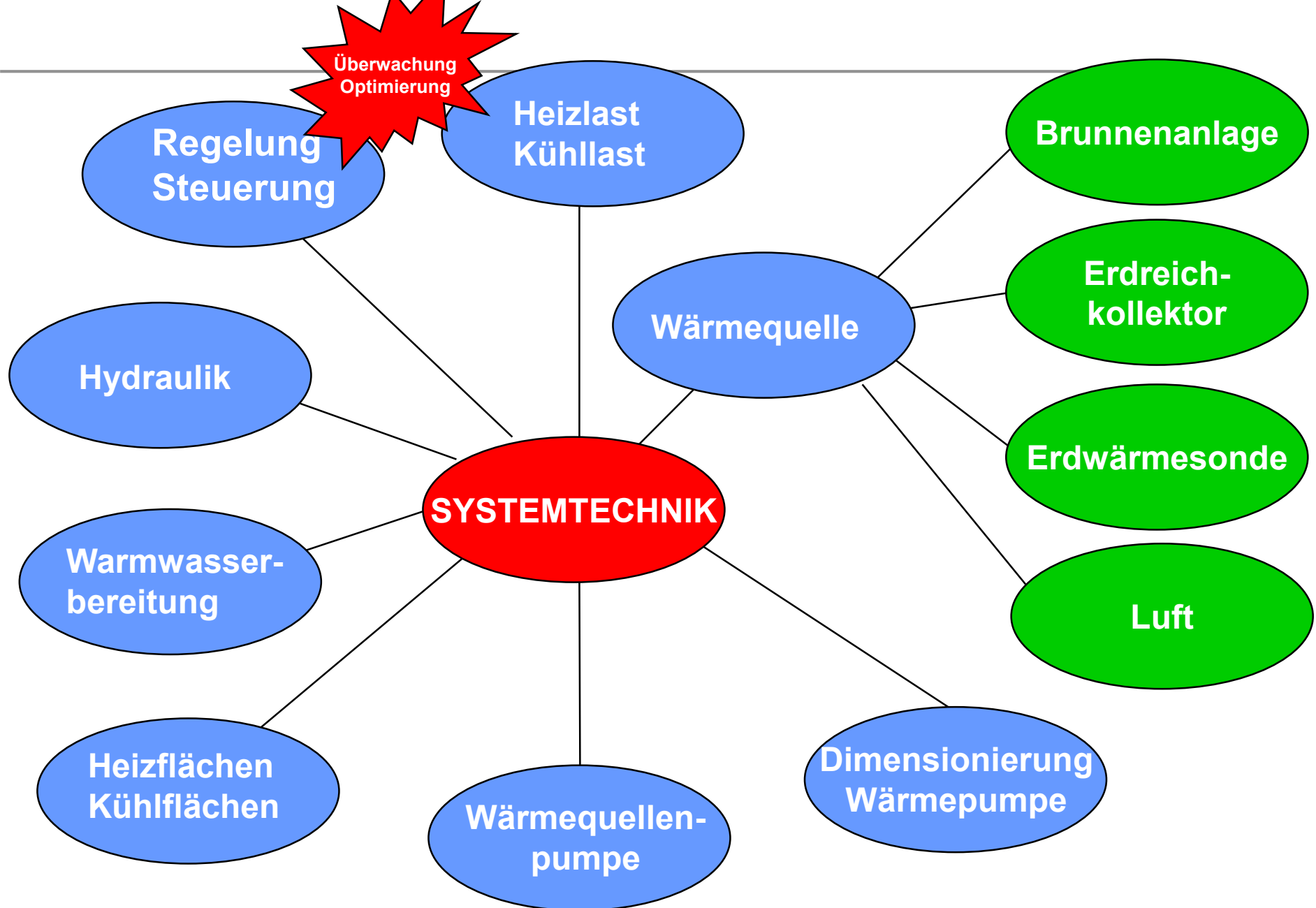
Anforderung Wärmepumpe → "Euroblume,, (Messung nach EN 14511):

COP von elektrischen WP

- Wasser W10/W35: COP $\geq 5,1$
- Sole B0/W35: COP $\geq 4,3$
- Luft A2/W35: COP $\geq 3,1$

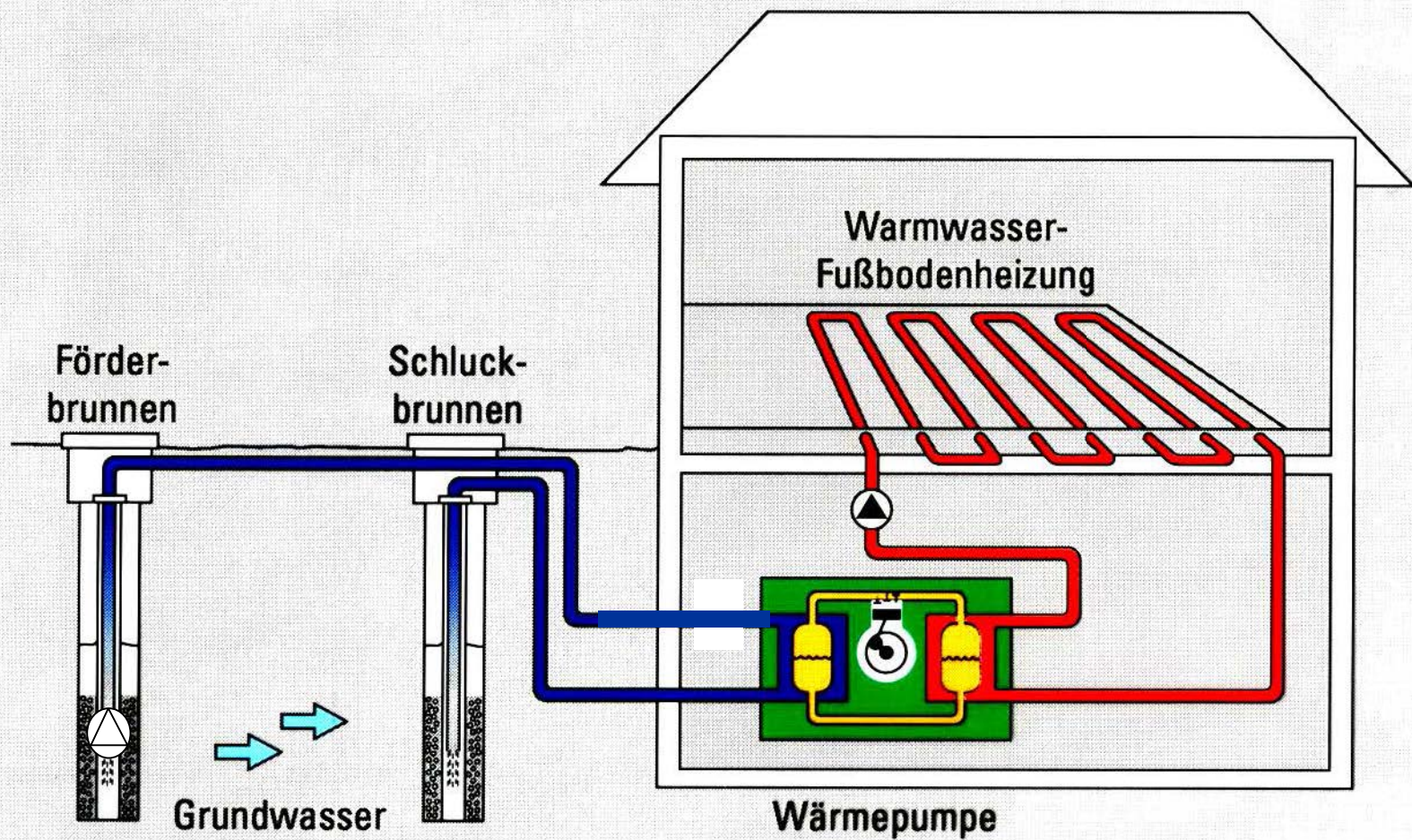
Heizzahlen von Gasmotor- oder Gasabsorptionswärmepumpen

- Luft A2/W35 $\xi \geq 1,24$
- Sole: A2/W35 $\xi \geq 1,72$
- Wasser: W10/W35 $\xi \geq 1,24$



Je einfacher die Anlage, desto höher die Jahresarbeitszahl

Grundwasser-Wärmepumpenanlage



Exakte Berechnung der Norm - Heizlast Φ_{HL}
nach DIN EN 12 831

Zuschlag für Warmwasserbereitung: 0,1...0,3 kW/Person

Zuschlag für Sperrzeiten des EVU

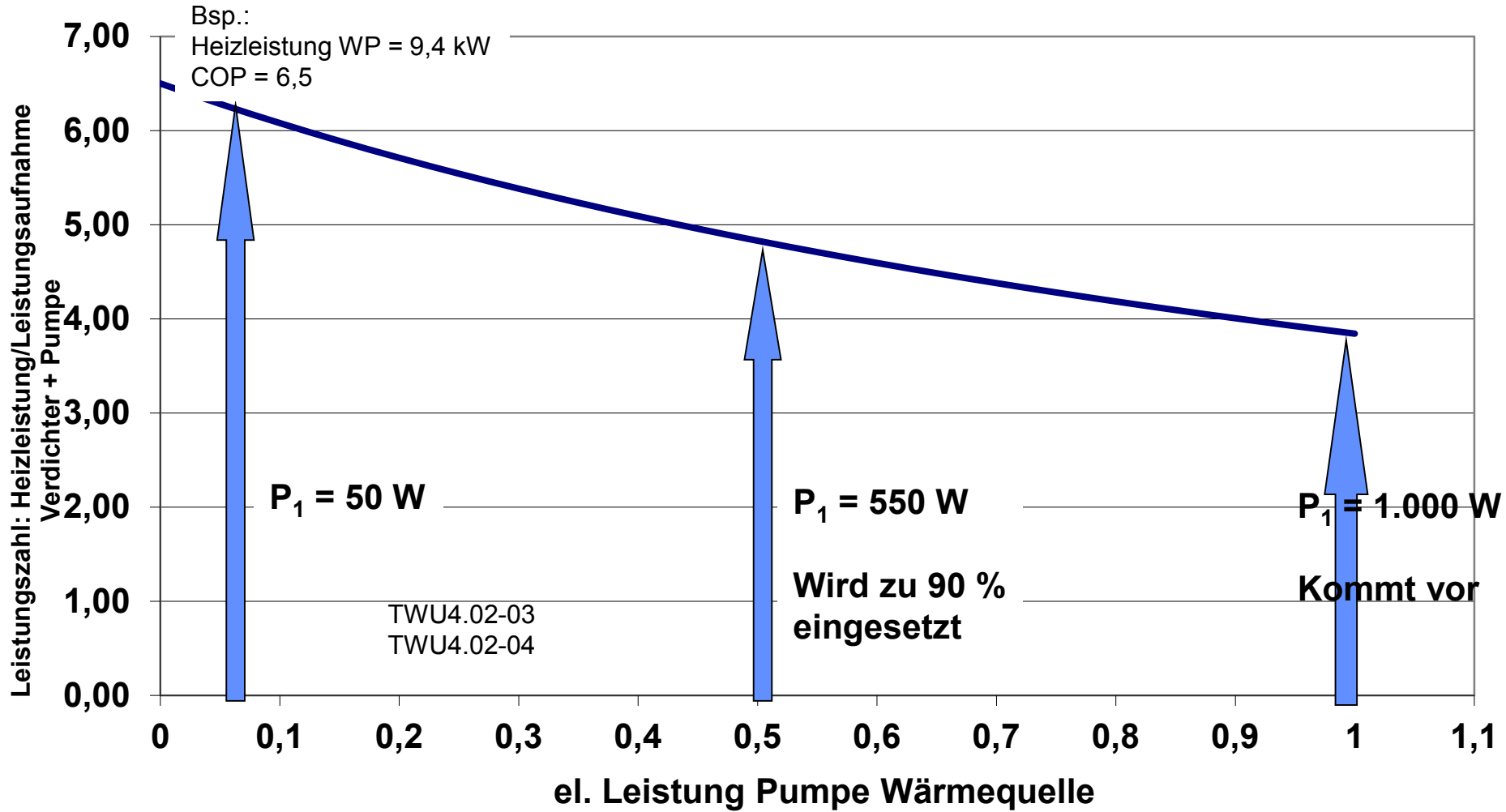
Reduzierung mit Erfahrungsfaktor möglich ~ 0,8
zur planerischen Sicherheit Ergänzung z.B. mit elektr. Durchlauferhitzer

**Heizleistung
Wärmepumpe**

Wärmequelle
Grundwasser

**Auslegung
Wärmequelle**

Hilfsenergie für Wärmequelle – Effizienz der Anlage



Mehrverbrauch
 der Anlage:

38 %

69 %₁₇

Brunnenanlage

Wasserbedarf pro kW_{Heizleistung}: ~ 0,2 m³/h

Fe < 0,2 mg/l

Mn < 0,1 mg/l

Elektrische Leitfähigkeit < 500 µS/cm

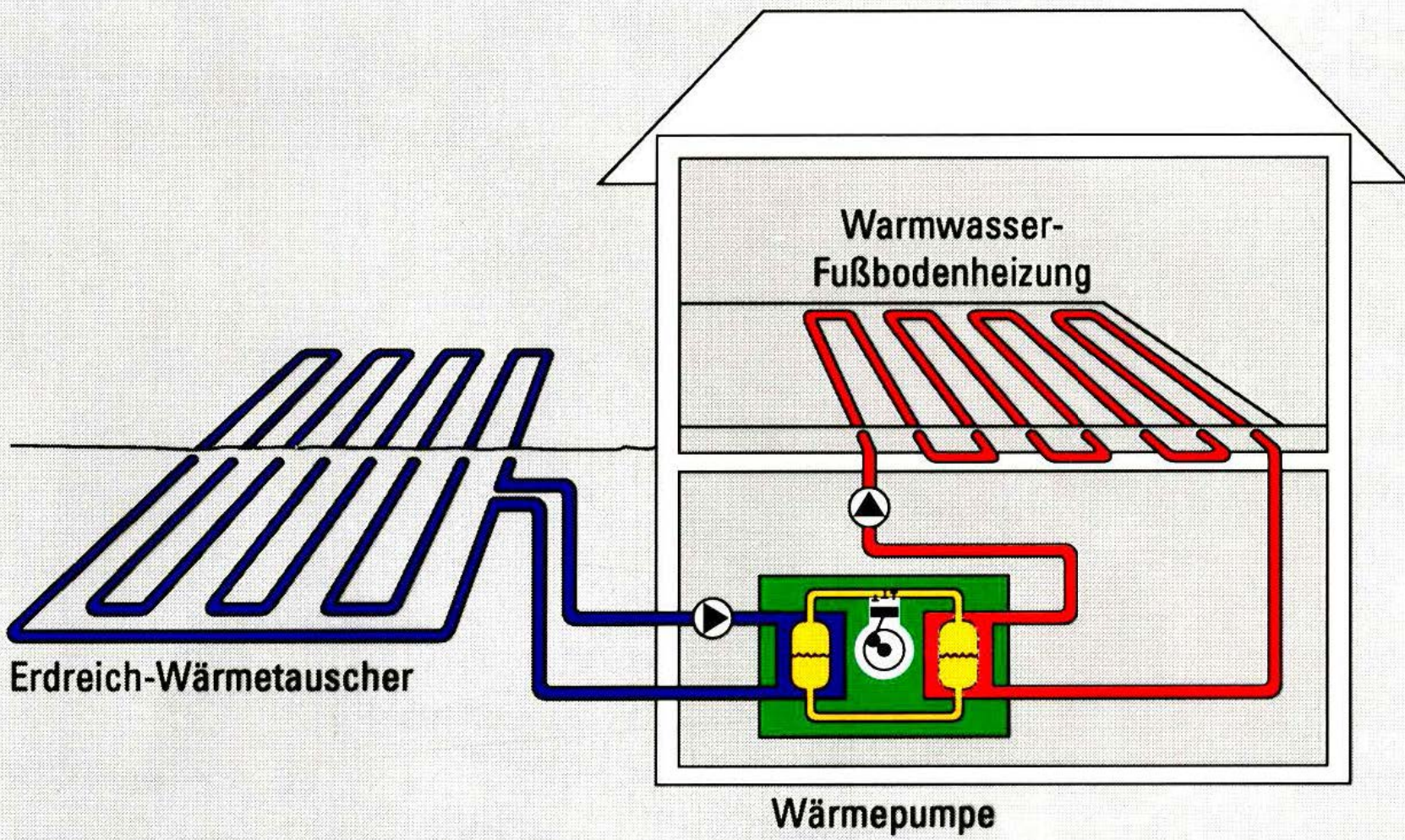
Kleinanlage bis 15 kW:

nur im Gebiet mit eindeutig
positiven Erfahrungen

Großanlage:

- hydrogeologisches Fachgutachten
- Probebohrung zur Bestätigung
- Wasseranalyse:
 - Verockerung
 - Korrosion
- Brunnenbau
- Pump- und Schluckversuch
- luftdichte Brunnenhydraulik
- wasserrechtliche Genehmigung

Erdreichkollektor-Wärmepumpenanlage



Erdreichkollector-Wärmepumpenanlage



Exakte Berechnung der Norm - Heizlast Φ_{HL}
nach DIN EN 12 831

Zuschlag für Warmwasserbereitung: 0,1...0,3 kW/Person

Zuschlag für Sperrzeiten des EVU

Reduzierung mit Erfahrungsfaktor möglich ~ 0,8
zur planerischen Sicherheit Ergänzung z.B. mit elektr. Durchlauferhitzer

**Heizleistung
Wärmepumpe**

Wärmequelle
Grundwasser

**Auslegung
Wärmequelle**

Wärmequelle
Erdreich

bekannte Dimensionierungen des Erdreichkollektors

Verlegetiefe:	mindestens 20 cm unter Frostgrenze (--> mind. 1,1 m)		
	Variante 1	Variante 2	relativ neu
Material	PE Rohr; 32 x 2,9 mm	PE Rohr 20 x 1,9 mm	PP Kapillarrohrmatte ca. 1 x 6 m
Länge je Kreis	max. 100 m	70 ... 100 m	
Entzugsleistung:		pauschal 35 W_K/m^2	pauschal 60 W_K/m^2
trockener sandiger Boden	10 - 15 W/m^2	bzw. 11 W_K/m	
feuchter sandiger Boden	15 - 20 W/m^2		
trockener lehmiger Boden	20 - 25 W/m^2		
feuchter lehmiger Boden	25 - 30 W/m^2		
grundw assersführender Boden	30 - 40 W/m^2		
Verlegeabstand:		pauschal 0,25 - 0,3 m	0,3...1 m Mattenabstand
trockener sandiger Boden	1 m		
feuchter lehmiger Boden	0,7 m		
grundw assersführender Boden	0,5 m		
Bemerkungen:		7 - 10 cm Sandbett	10 - 20 cm Sandbett
Entzugsfläche (B0/W35; $\beta=4,5$)			
je kW Kälteleistung	25 ... 100 $m^2/kW_{Kälteleistung}$	28,5 $m^2/kW_{Kälteleistung}$	16,5 $m^2/kW_{Kälteleistung}$
je kW Heizleistung	19 ... 78 $m^2/kW_{Heizleistung}$	22 $m^2/kW_{Heizleistung}$	13 $m^2/kW_{Heizleistung}$

**Überdimensionieren bei: - reinem grobkörnigen Schotter
- wasserdichtem Erdreich**

Erdreichkolektor:

• Flächenbedarf: 30 ... 22 ... 13 m²/kW_{Heizleistung}
(Entzugsleistung: 25 ... 60 W/m²)

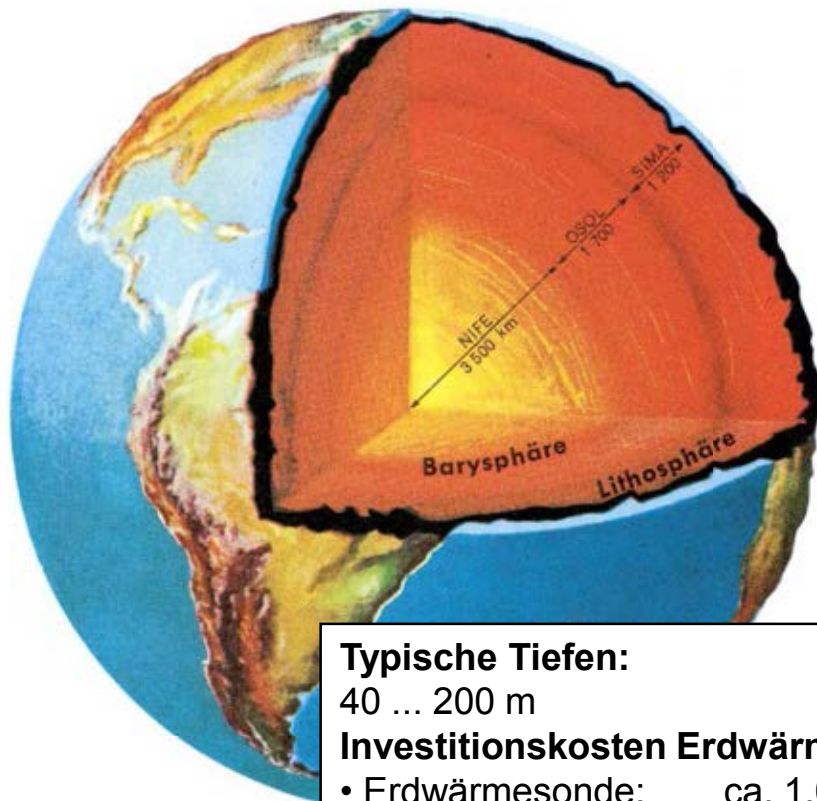
• Verlegetiefe: mind. 20 cm unter Frostgrenze

• Erdreichkolektor darf nicht überbaut werden

2. Systemtechnik von Wärmepumpenanlagen

2.4 Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage

99 % der Erdmasse
hat eine Temperatur
über 1.000 °C

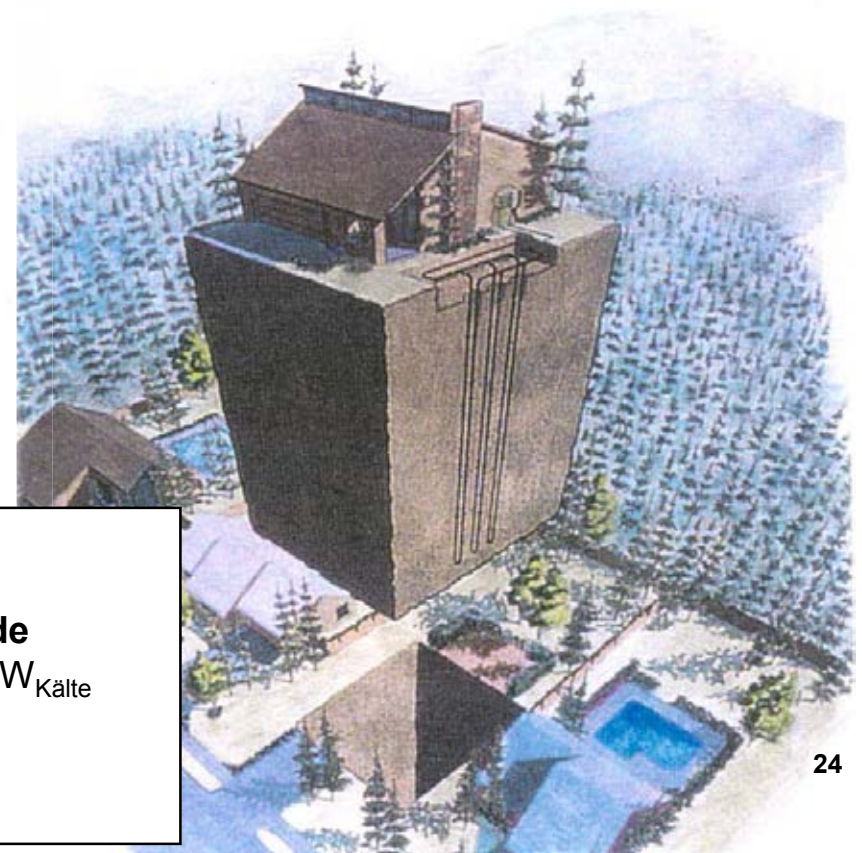


Typische Tiefen:

40 ... 200 m

Investitionskosten Erdwärmesonde

- Erdwärmesonde: ca. 1.000 €/kW_{Kälte}
oder 33 ... 50 €/m
- Baustelleneinrichtung: 700 €
- Bohr- und Nutzanzeige: 300 €



2. Systemtechnik von Wärmepumpenanlagen

2.4 Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage

Wirtschaftliche Strömung in der Erdwärmesondenanlage (mit hocheffizienten Soleumwälzpumpen)

Erdwärmesonde :Turbulente Strömung

32mm Doppel-U-Rohrsonde, 20 % Monoethylenglycol
→ mindestens 2 x 605 l/h = 1.210 l/Erdwärmesonde

40mm Doppel-U-Rohrsonde, 20 % Monoethylenglycol
→ mindestens 1510 l/Erdwärmesonde



Horizontale Anbindeleitungen: möglichst laminare Strömung

Vergleich laminar - turbulent		
Randbedingungen		
Heizleistung	100 kW	
durchschnittlicher COP bei B0W35	4	
Entzugsleistung	75 kW	
spezifische Entzugsleistung	0,05 kW/m	
Vollbenutzungsstunden Heizen	1800 h/a	
Länge einer EWS	100	
Durchmesser	32 x 3	mm
Länge der EWS	1500	m
Anzahl	15	
konstante Vorlauftemperatur		
Konstante Erdreichtemperatur		
dp Verdampfer bei dt 4 K	19100 Pa	
25 % Monethylenglycol		

		laminar	turbulent	turbulent
Anhebung der Soletemperatur bei turbulenter Strömung			3	4
dt	K	4	3	2
Volumenstrom gesamt	m ³ /h	16,92	22,56	33,83
Volumenstr je EWS	m ³ /h	1,13	1,50	2,26
Reynoldszahl		1848	2465,00	3696,80
Druckverlust EWS	Pa	12171	28063,21	57055,44
Druckverlust WP	Pa	19100	33955	76379
Druckverlust Summe	Pa	31271	62018	133434
	mWs	3,1	6,2	13,3
Pumpe		50-1,9	65/1-12	50-130
		Stratos	Stratos	IP E
P1	kW	0,28	0,70	2,47
P1 Kompressor	0,025	25	23,125	22,50
Summe Strom		25,3	23,8	25,0
COP incl. SoleUWP		3,96	4,20	4,00

2. Systemtechnik von Wärmepumpenanlagen

2.4 Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage

Warum Simulation bei Großanlagen?

Randbedingungen:

Heizleistung: 10 kW

COP: 4,0

Vollbenutzungsstunden: 1.900 h/a

Entzugsleistung: 50 W/m

2 EWS a 75 m

Abstand der EWS: 6 m

Randbedingungen:

Heizleistung: 100 kW

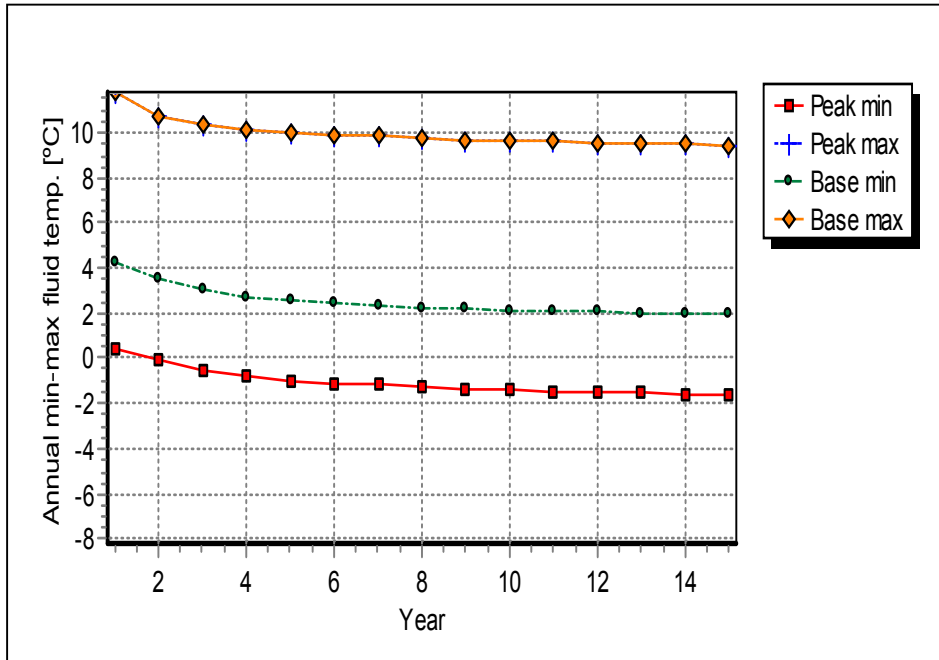
COP: 4,0

Vollbenutzungsstunden: 1.900 h/a

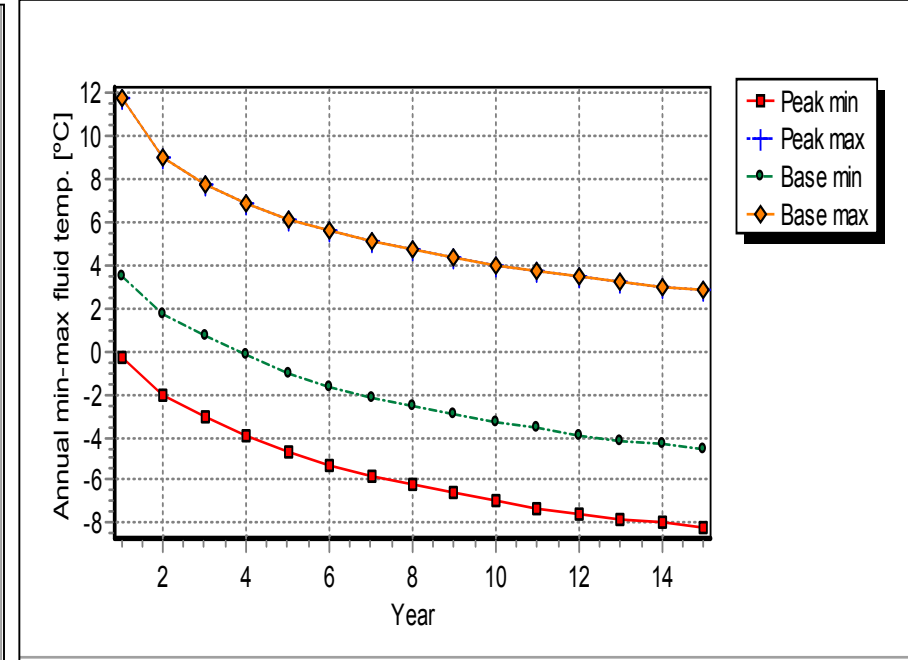
Entzugsleistung: 50 W/m

20 EWS a 75 m Rechteckanordnung

Abstand der EWS: 6 m



Minimale Soletemperatur nach 15 Jahren: -1,6 °C



Minimale Soletemperatur nach 15 Jahren: -8,2 °C

VDI 4640 BI 2:

Dauerbetrieb (Wochenmittel):
Spitzenbetrieb:

$$t_{\text{ungestörtes Erdreich}} - t_{\text{Sole in die EWS}} = \text{max. } \pm 11 \text{ K}$$
$$t_{\text{ungestörtes Erdreich}} - t_{\text{Sole in die EWS}} = \text{max. } \pm 17 \text{ K}$$

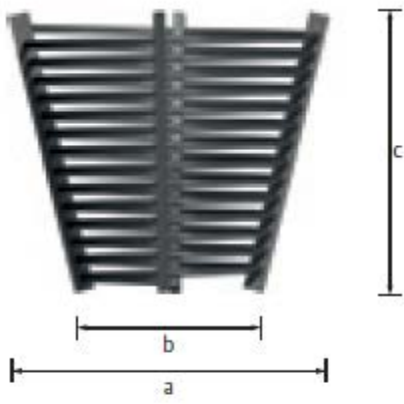
Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage

Erdwärmesonde:

- Nicht im Wasserschutzgebiet
- Bohr- und Nutzanzeige → Genehmigung
- Faustwert: 50 W/m
- Jeder Kreis im Vor- und Rücklauf einzeln absperrbar
- Absorptionsluftabscheider
- möglichst große Tiefen
 - einfachere Hydraulik
 - höhere Erdreichtemperatur



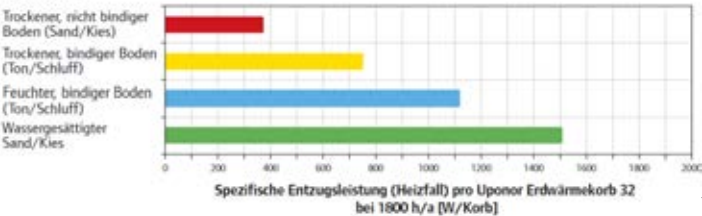
Erdwärmesonden-Wärmepumpenanlage / Energiekörbe



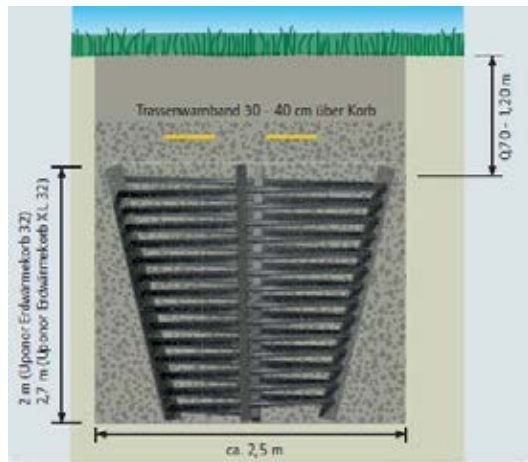
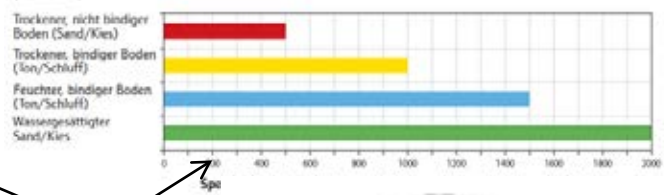
Quelle: Uponor

Technische Daten	Erdwärmekorb 32	Erdwärmekorb 32 XL
Rohrmetern	150 mm	200 mm
Durchmesser oben (a)	2,4 m	2,4 m
Durchmesser unten (b)	1,4 m	1,4 m
Höhe (c)	2,0 m	2,7 m
Rohrabstände	114 mm	114 mm
Korbvolumen	6,1 m ³	8,1 m ³
Solevolumen	84 ltr.	108 ltr.
Fixierung Rohr	PU-Schaumleiste mit Fixierband	
Anschluss	Einzel am Verteiler	Einzel am Verteiler
Integrierte Anschlussleitung für Vor- und Rücklauf	20 m	25 m

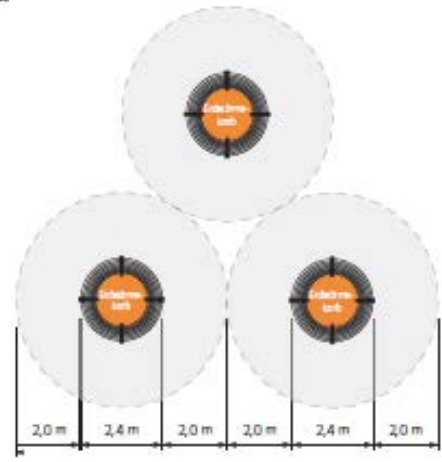
Spezifische Entzugsleistung Uponor Erdwärmekorb 32 (Anhaltswert)



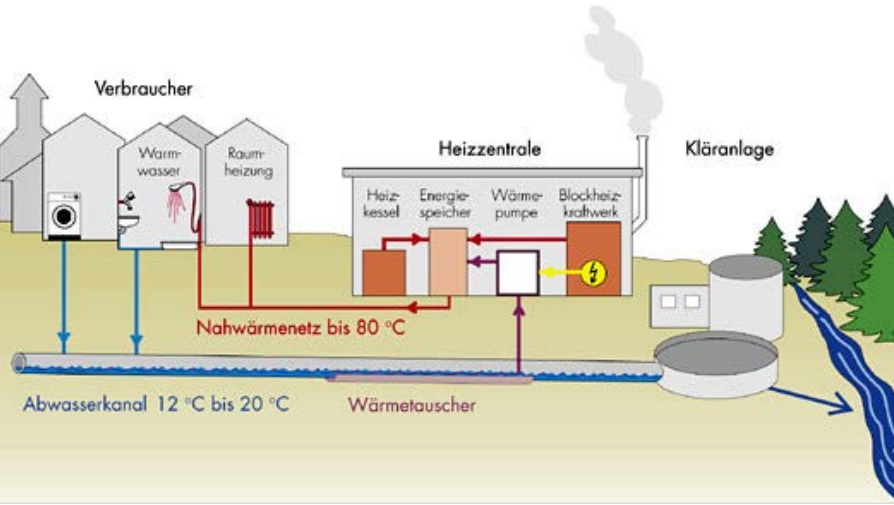
Spezifische Entzugsleistung Uponor Erdwärmekorb XL 32 (Anhaltswert)



Lage im Erdreich



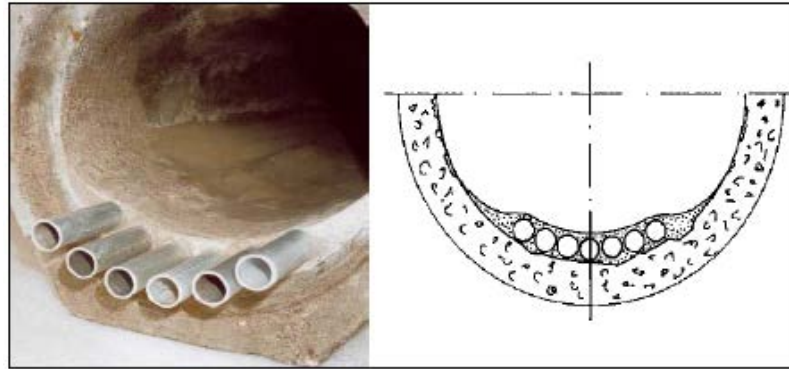
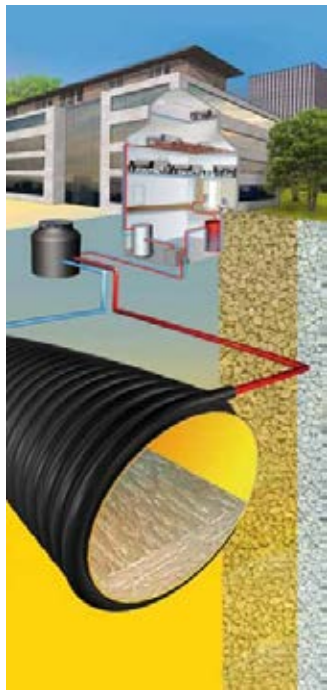
Flächenbedarf je Korb	40 m ²
Heizlast	10 kW
COP	5
elektr. Leistung	2 kW
Entzugsleistung	8 kW
Leistung Energiekorb XL	1,5 kW
Anzahl Körbe	5,3 Stck
Flächenbedarf	213 m ²
Leistung Energiekorb	1,1 kW
Anzahl Körbe	7,3 Stck
Flächenbedarf	291 m ²



Rinnenwärmetauscher für Kanäle mit Kreisprofil



Rinnenwärmetauscher als vorgefertigtes Kanalisationselement
Prof. Dipl.-Ing. W. Schenk Hochschule München



Rohrwärmetauscher : Chromstahlrohre in Spezialmörtel



Koaxial-Wärmetauscher als vorgefertigtes Kanalisationselement

- Mindestbedarf: 150 kW

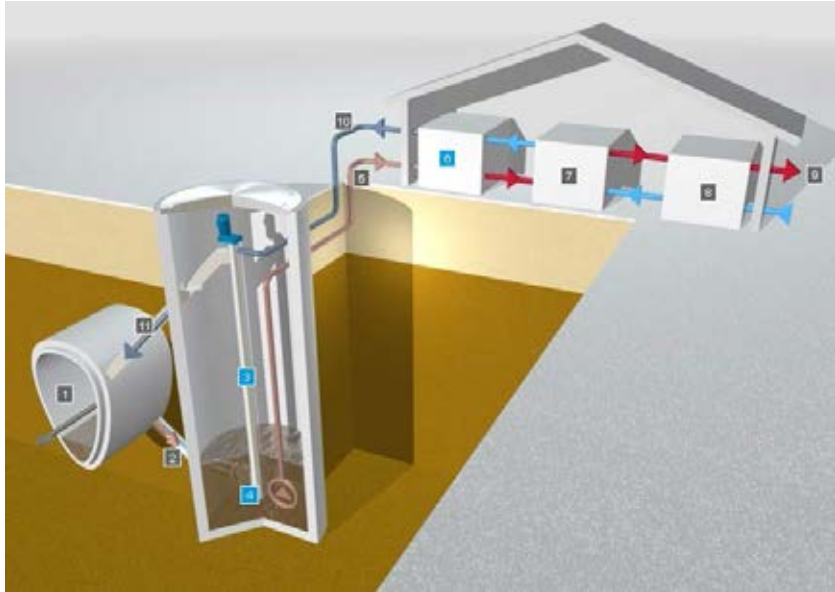


Bild Rückgewinnung von Wärmeenergie aus der Kanalisation

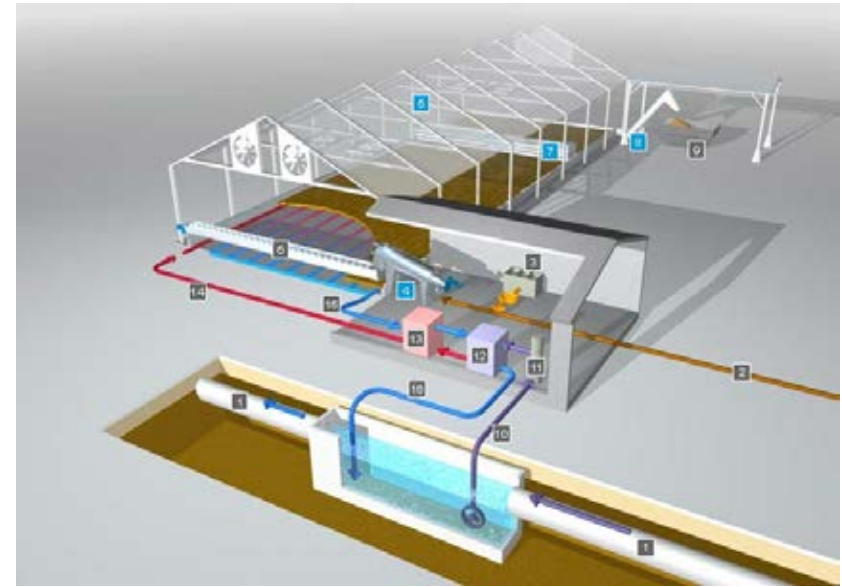
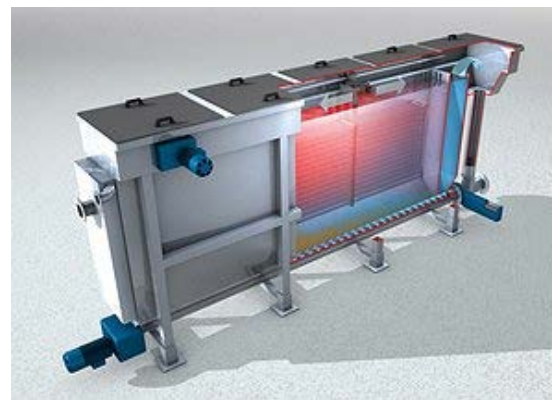


Bild Abwasserwärme zur Schlammtrocknung



- zeitlich getaktete Präventivreinigung der Rohrmodule
- automatischer Austrag von Sedimenten

Bild Spezialwärmetauscher für belastetes Abwasser

Abwasser-Wärmepumpenanlage Straubing

Nahwärmenetz mit Abwasserwärmepumpe:

Heizleistung:

Niedertemperatur: 200 kW

Hochtemperatur: 50 kW

Fußbodenheizung



Heizkörper

Abwasser-Wärmepumpenanlage

Nahwärmenetz mit Abwasserwärmepumpe:

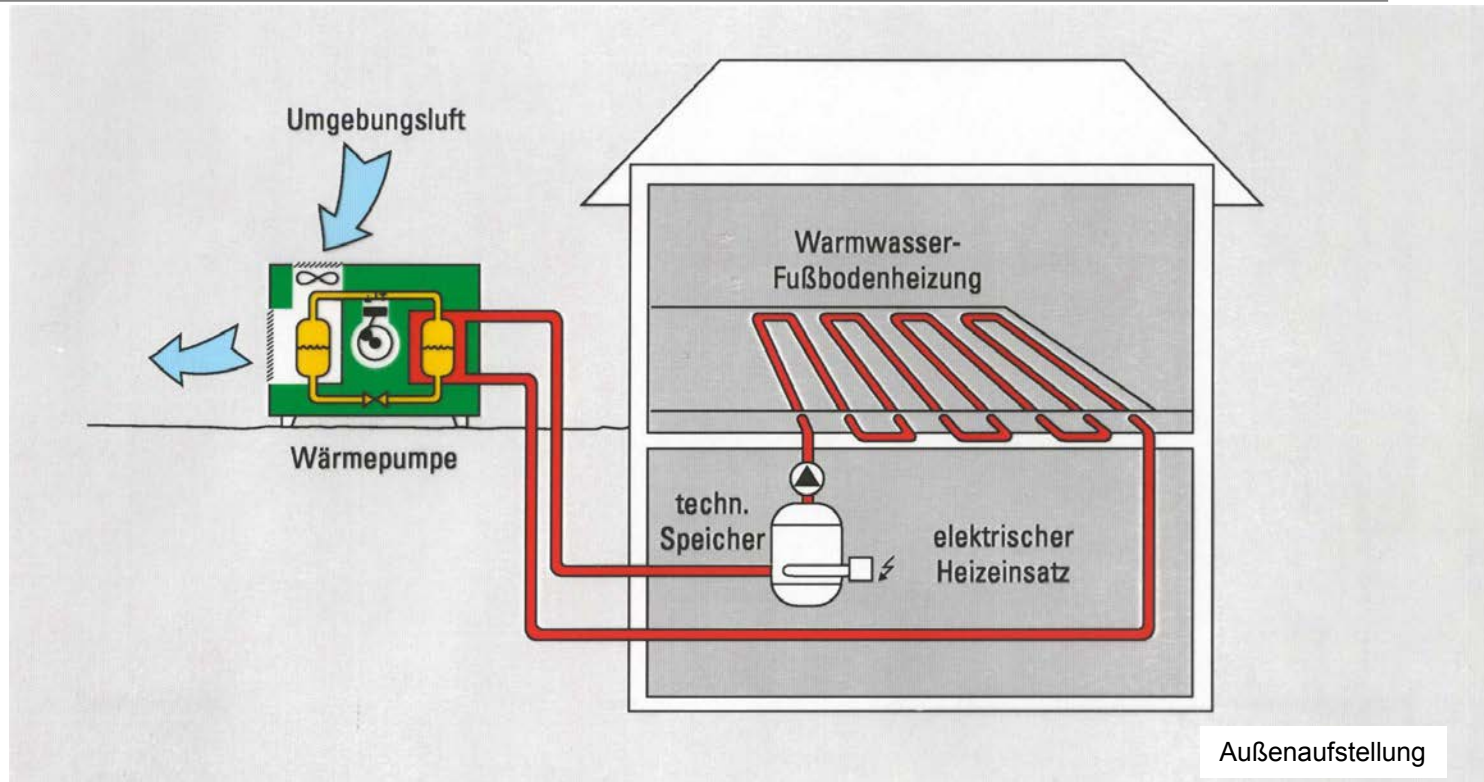
Heizleistung:

Niedertemperatur: 200 kW

Hochtemperatur: 50 kW



Luft-Wärmepumpenanlage



Exakte Berechnung der Norm - Heizlast Φ_{HL}
nach DIN EN 12 831

Zuschlag für Warmwasserbereitung: 0,1...0,3 kW/Person

Zuschlag für Sperrzeiten des EVU

Bedarf
Heizleistung

Auswahl der Luft-Wärmepumpe so, dass bei der Außentemperatur
zwischen -7°C ... -2°C volle Deckung durch die WP erreicht wird.

und

Ergänzungsheizung

Beispiel:

Heizlast: 7,5 kW

Warmwasser: 4 Pers.

Jahresheizwärmebedarf: 18.000 kWh

Strompreis: 0,195 €/kWh

Bedarf Heizleistung bei 4h EVU-Sperrzeit:

$$\dot{Q} = (7,5 \text{ kW} + 4 * 0,2 \text{ kW}) * 24/20 \\ = 9,96 \text{ kW}$$

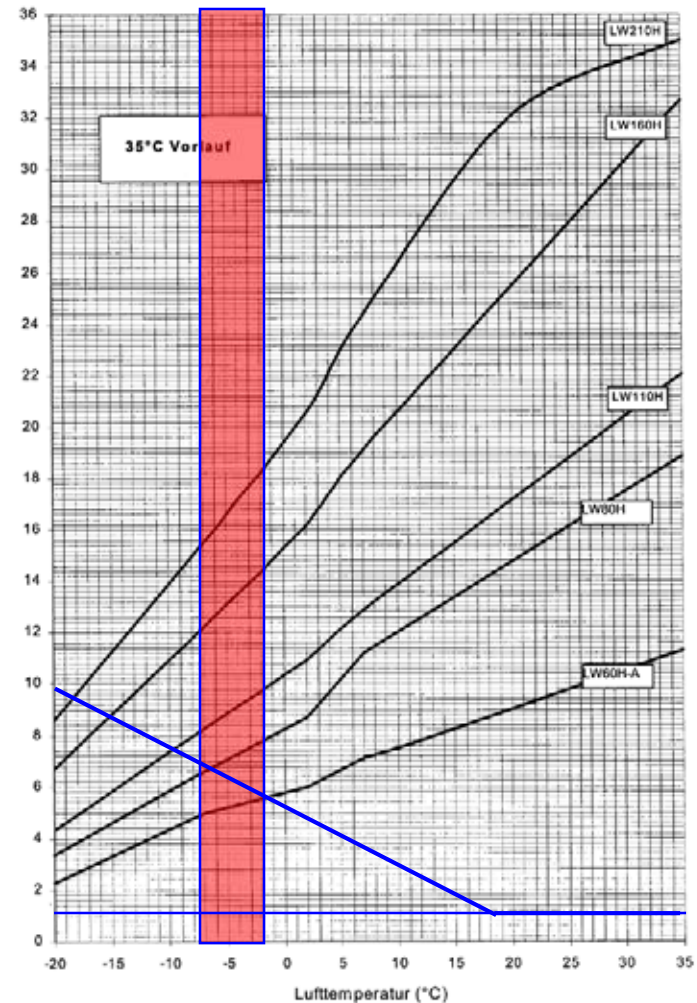
→ mit dem Typ LW80H kann bis zu einer Außentemperatur von -6°C alleine geheizt werden.

→ die elektrische Ergänzungsheizung muss ca. 3 % der Jahresheizarbeit abdecken.

Energiekosten für die elektrische Ergänzungsheizung:

$$K = 18.000 \text{ kWh/a} * 3 \% * 0,195 \text{ €/kWh} = 105 \text{ €/a} \\ \text{Vgl. Gas: } 18.000 \text{ kWh/a} * 3 \% / 0,85 * 0,06 \text{ €/kWh} = 38 \text{ €}$$

Heizleistung (kW)



Luft-Wärmepumpenanlage

- möglichst tiefer Schalleistungspegel des Geräts
- Schallausbreitung beim Eigentümer und beim Nachbarn beachten

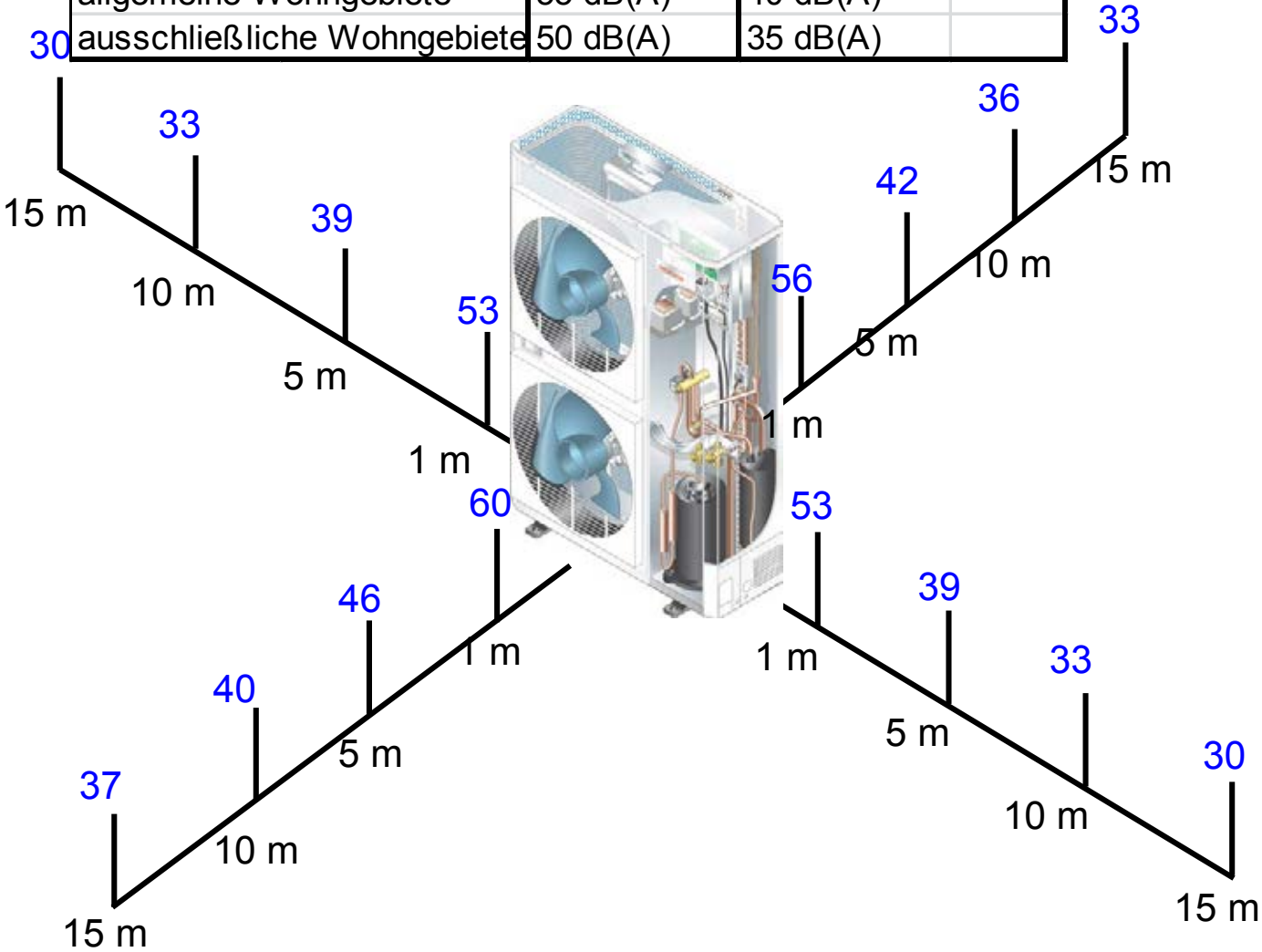
TA-Lärm (VDI 2058)

folgende Werte dürfen am Fenster des Nachbarn nicht überschritten werden:

	tags	nachts (22 bis 6 Uhr)	
gewerbliche Wohngebiete	60 dB(A)	45 dB(A)	
allgemeine Wohngebiete	55 dB(A)	40 dB(A)	
ausschließliche Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)	

Schallemissionen bei der WWP L 11 AERS bei A-7/W55 in dB(A) bei freier Aufstellung

	tags	nachts (22 bis 6 Uhr)
gewerbliche Wohngebiete	60 dB(A)	45 dB(A)
allgemeine Wohngebiete	55 dB(A)	40 dB(A)
ausschließliche Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)



Wirtschaftlichkeit

Betriebs- und Verbrauchs- kostenvergleich

Einfamilienhaus:
beheizte Fläche: 150 m²
Heizlast: 6 kW
Warmwasser für 4
Personen

Einfamilienhaus: beheizte Fläche: 150 m ² ; Heizlast 6 kW; Warmwasser für 4 Personen						
Heizenergie:	6 kW x 2.100 h/a =		12.600 kWh/a			
Warmwasser:	4 Pers. x 2 kWh/Pers./d x 365 d =		2.920 kWh/a			
ges. thermischer Energiebedarf			15.520 kWh/a			
ges. thermischer Energiebedarf abzüglich Solarente 6 m ²			13.000 kWh/a			
	Ölkessel + Solar	Gaskessel Brennwert + Solar	Pellets- Kessel	Erdreich- Wärme- pumpe	Grundwasser- Wärmepumpe	Luft-WP
Betriebsgebundene Kosten:						
Wartung, Kesselreinigung	150 €	130 €	250 €	50 €	50 €	50 €
Tankreinigung anteilig	100 €					
Kaminkehrer	60 €	60 €	60 €			
Summe	310 €	190 €	310 €	50 €	50 €	50 €
Verbrauchsgebundene Kosten:						
Wärmeerzeugung:						
Jahresarbeitszahl/-Nutzungsgrad	85%	95%	80%	4,4	5,0	3,3
Strombedarf in kWh/a				3.527	3.104	4.703
Strompreis (Misch~) pro kWh				0,196 €	0,196 €	0,196 €
Stromkosten				691 €	608 €	922 €
Bedarf in l/a, m ³ /a bzw. in t/a	1529	1368	4,31			
Preis in pro l, m ³ bzw in t	0,80 €	0,60 €	288 €			
Brennstoffkosten pro Jahr	1.224 €	821 €	1.242 €			
Hilfsenergie:						
Strombedarf in kWh/a	500	500	1.300	350	350	350
Strompreis pro kWh	0,27 €	0,27 €	0,27 €	0,196 €	0,196 €	0,196 €
Stromkosten pro Jahr	135 €	135 €	351 €	69 €	69 €	69 €
Meßpreis/Grundpreis		120 €		84 €	84 €	84 €
Summe	1.359 €	1.076 €	1.593 €	844 €	761 €	1.074 €
Ges.-Summe	1.669 €	1.266 €	1.903 €	894 €	811 €	1.124 €

Wirtschaftlichkeit

Betriebs- und Verbrauchskosten

Einfamilienhaus:

beheizte Fläche: 150 m²

Heizlast: 6 kW

Warmwasser für 4

Personen

Energiepreise:

Öl: 0,80 €/l

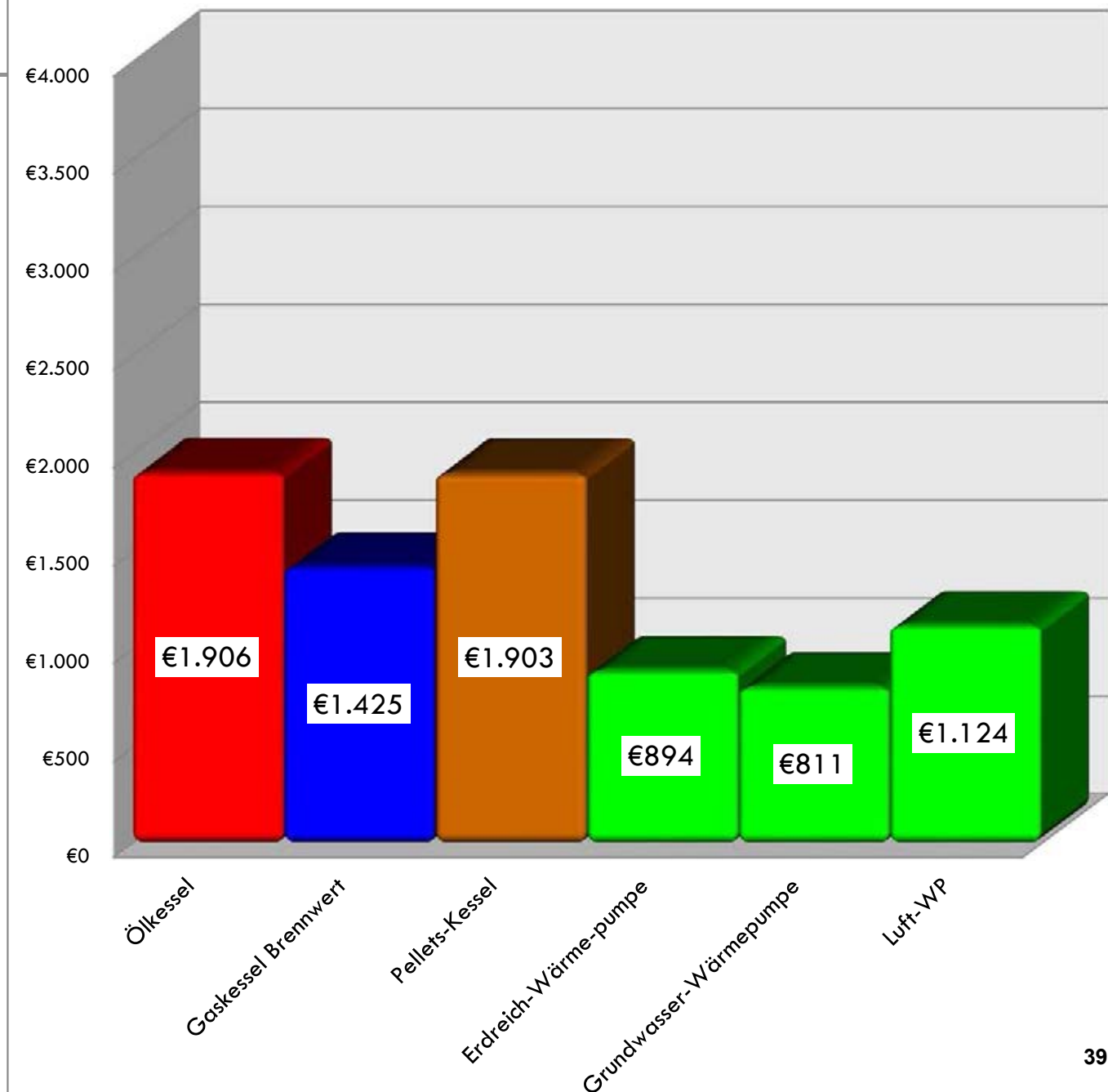
Erdgas: 0,60 €/m³

Pellets: 288 €/t

Heizstrom: 19,6 Ct/kWh

Strom allgemeiner Tarif: 27

Ct/kWh



Wirtschaftlichkeit

Heizkostenvergleich nach VDI 2067:

Heizkostenvergleich nach VDI 2067:		Heizwärmebedarf:		6 kW x 2.100 h/a =		12.600 kWh/a		
Einfamilienhaus 150 m ²		Trinkwasserwärmebedarf:		4 Pers. x 2 kWh/Pers./d x 365		2.920 kWh/a		
Heizung und Warmwasser für 4 Personen								
	Ölkessel-Anlage	Gasbrennwert-Anlage	Pellets-heizung	Erdwärme-sonden-WP	Erdreich-kollektor-WP	GW- WP 5 m	GW- WP 10 m	Luft-WP
Investitionskosten:								
Wärmegelle, Tank o. Gasanschluß	3.300 €	1.500 €	2.000 €	6.000 €	3.500 €	3.000 €	4.000 €	1.000 €
Schornstein; Anschluß Wärmequelle	2.500 €	2.500 €	2.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €	1.500 €
Wärmeerzeuger incl. Warmwasser	7.000 €	6.000 €	12.000 €	12.000 €	12.000 €	12.000 €	12.000 €	15.000 €
Elektroinstallation	150 €	150 €	300 €	750 €	750 €	750 €	750 €	1.000 €
Wärmeverteilung	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €	6.000 €
Solaranlage 6 m ²	3.000 €	3.000 €						
Investitionskosten:	21.950 €	19.150 €	22.800 €	26.250 €	23.750 €	23.250 €	24.250 €	24.500 €
Kapitalkosten:								
Annuität (20 J./Zins 3 %) 5,53 %	1.214 €	1.059 €	1.261 €	1.452 €	1.313 €	1.286 €	1.341 €	1.355 €
Instandsetzung 1 %	220 €	192 €	228 €	263 €	238 €	233 €	243 €	245 €
Kapitalkosten:	1.433 €	1.250 €	1.489 €	1.714 €	1.551 €	1.518 €	1.584 €	1.600 €
Betriebsgebundene Kosten:								
Wartung, Kessel- u. Tankreinigung	150 €	130 €	250 €	50 €	50 €	50 €	50 €	50 €
Tankreinigung anteilig pro Jahr	100 €							
Kaminkehrer	60 €	60 €	60 €					
Betriebsgebundene Kosten:	310 €	190 €	310 €	50 €	50 €	50 €	50 €	50 €
Verbrauchsgebundene Kosten:								
Stromkosten	135 €	135 €	351 €	760 €	760 €	677 €	677 €	990 €
Öl, Gas, Pellets	1.224 €	821 €	1.242 €					
Meßpreis/Grundpreis		120 €		84 €	84 €	84 €	84 €	84 €
Verbrauchsgebundene Kosten:	1.359 €	1.076 €	1.593 €	844 €	844 €	761 €	761 €	1.074 €
Jahreskosten (Summe)	3.102 €	2.517 €	3.391 €	2.608 €	2.445 €	2.329 €	2.395 €	2.724 €

4 Wirtschaftlichkeit

4.2 Heizkostenvergleich nach VDI 2067:



Bundesamt
für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle

Wärmepumpe - Basis- und Bonusförderung, Stand: ab dem 15.08.2012

Maßnahme	Förderung				
		Basisförderung im Gebäudebestand	Kombinationsbonus ³⁾ -förderfähige Solaranlage -solare Warmwasserbereit.	Effizienzbonus ⁴⁾	
Elektrisch betriebene Luft/Wasser- Wärmepumpe JAZ ≥ 3,5	bis 20 kW	pauschal 1.300 €	zusätzlich 500 € ⁵⁾ für Wärmepumpen mit einem Speicher mit mind. 30 l/kW	500 €	0,5 × Basisförderung
	20 kW bis 100 kW	pauschal 1.600 €			
Wasser/Wasser- oder Sole/Wasser- Wärmepumpe gasbetrieben: JAZ ≥ 1,3 elektrisch betrieben: JAZ ≥ 3,8, in Nichtwohngebäuden: JAZ ≥ 4,0 oder	bis 10 kW	pauschal 2.800 €			
	10 kW bis 20 kW	2.800 € + 120 € je kW (ab 10 kW) ¹⁾			
Gasbetriebene Luft/Wasser- Wärmepumpe JAZ ≥ 1,3	20 kW bis 22 kW	pauschal 4.000 €			
	22 kW bis 100 kW	2.800 € + 100 € je kW (ab 10 kW) ²⁾			

◆ Es gelten die Bestimmungen der Richtlinien vom 20. Juli 2012.

◆ Wärmepumpen werden **nur im Gebäudebestand** gefördert.
Ausnahme: Wärmepumpenanlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme.

Gebäudebestand: Ein Gebäude, für das vor dem 01.01.2009 eine Bauanzeige erstattet oder ein Bauantrag gestellt wurde und in welchem vor dem 01.01.2009 ein Heizungssystem installiert wurde. Es muss sich um ein mit dem Gebäude fest verbundenes Heizungssystem handeln, das den Gesamtjahreswärmebedarf des Gebäudes oder Gebäudeteils abdeckt. Mobile Heizgeräte stellen kein Heizungssystem im Sinne der Förderrichtlinien dar.

◆ Der Kombinationsbonus und der Effizienzbonus können zusätzlich zur Basisförderung gewährt werden und sind miteinander kumulierbar.

1) Die zusätzliche Förderung bemisst sich an dem Anteil der Nennwärmeleistung der 10 kW übersteigt. Die Gesamtförderung beträgt: 2.800 € + ((Nennwärmeleistung - 10) × 120 €)

2) Die zusätzliche Förderung bemisst sich an dem Anteil der Nennwärmeleistung der 10 kW übersteigt. Die Gesamtförderung beträgt: 2.800 € + ((Nennwärmeleistung - 10) × 100 €)

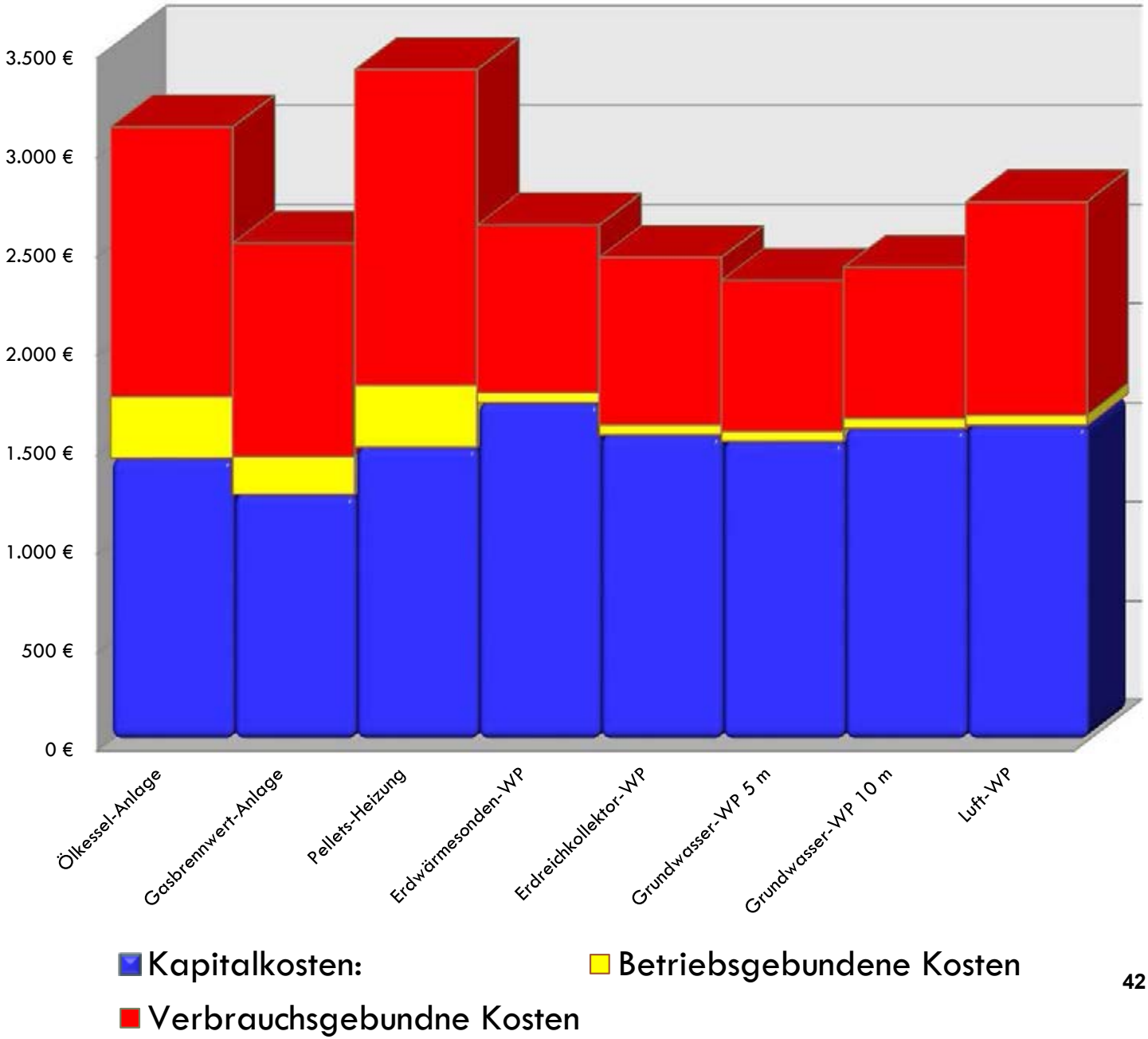
3) Zusätzlich zur Basisförderung kann der Kombinationsbonus gewährt werden, wenn gleichzeitig eine förderfähige thermische Solaranlage oder eine Anlage zur solaren Warmwasserbereitung installiert wurde.

4) Die Effizienz des Wohngebäudes wird nach dem zulässigen Transmissionswärmeverlust oder -transferkoeffizienten (HT') gemäß der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 bewertet. Bei dem Wohngebäude, das durch die zu fördernde Anlage versorgt wird, muss der vorgegebene HT'-Wert von 0,65 W/(m² · K) um mindestens 30% unterschritten werden. Dies ist durch Vorlage eines Energiebedarfsausweises nachzuweisen. Für Nichtwohngebäude wird kein Effizienzbonus gewährt.

5) Erhöhte Basisförderung für Wärmepumpen mit einem Speicher mit mind. 30 l/kW. Es werden auch Trinkwasserspeicher berücksichtigt.

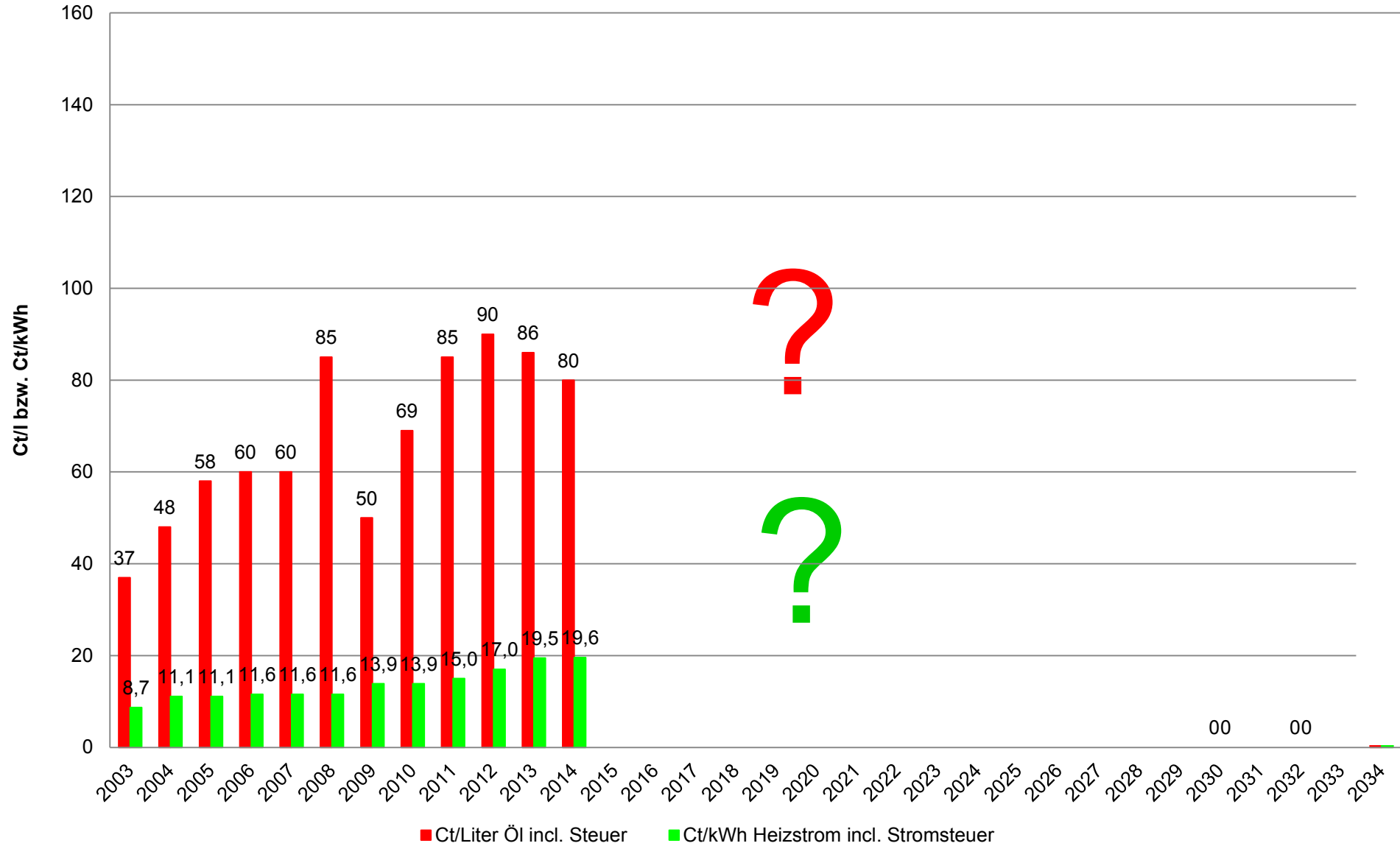
Heizkosten nach VDI 2067

Einfamilienhaus:
 beheizte Fläche: 150 m²
 Heizlast: 6 kW
 Warmwasser für 4
 Personen

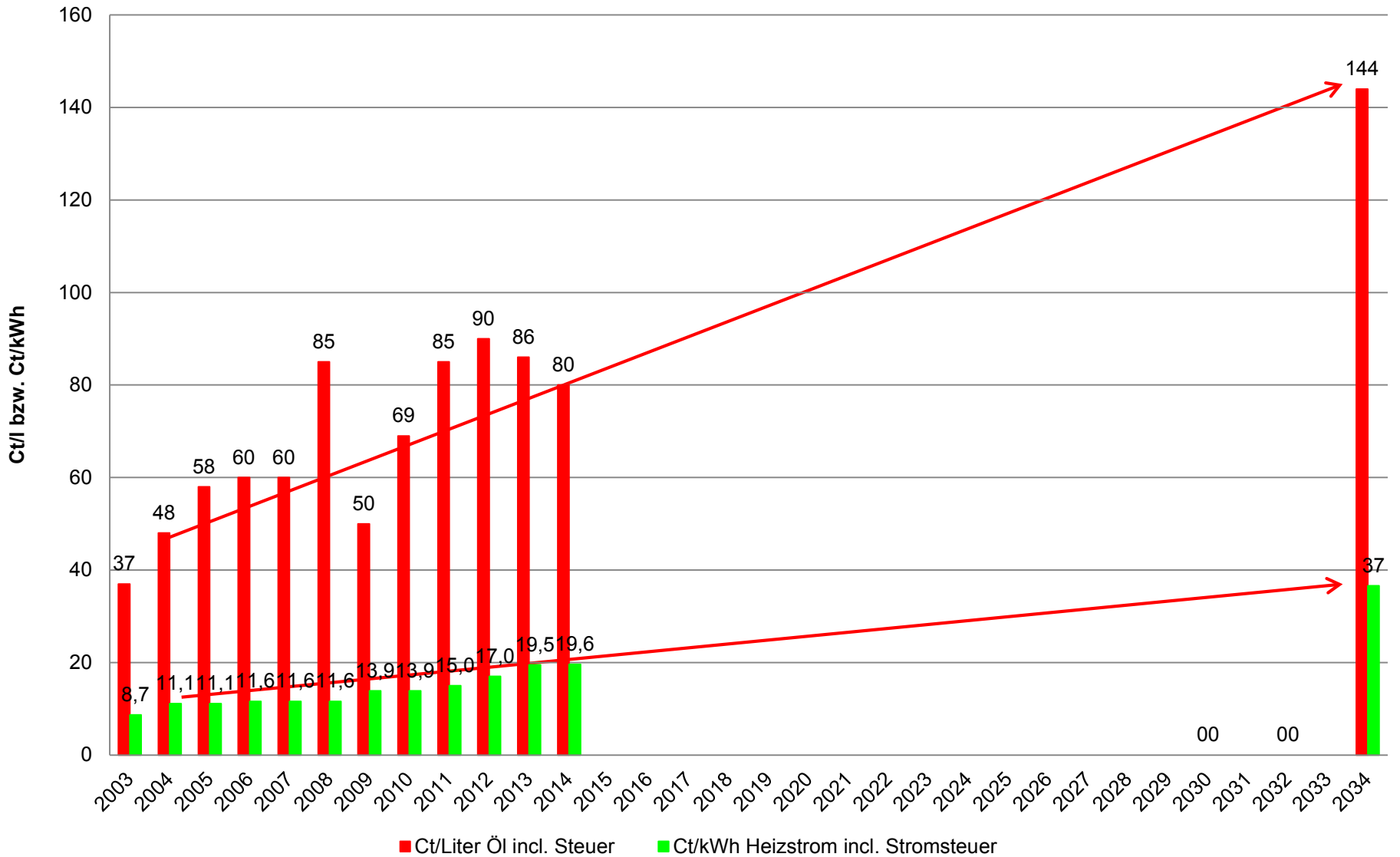


■ Kapitalkosten:
 ■ Betriebsgebundene Kosten
 ■ Verbrauchsgebundene Kosten

Energiepreisentwicklung



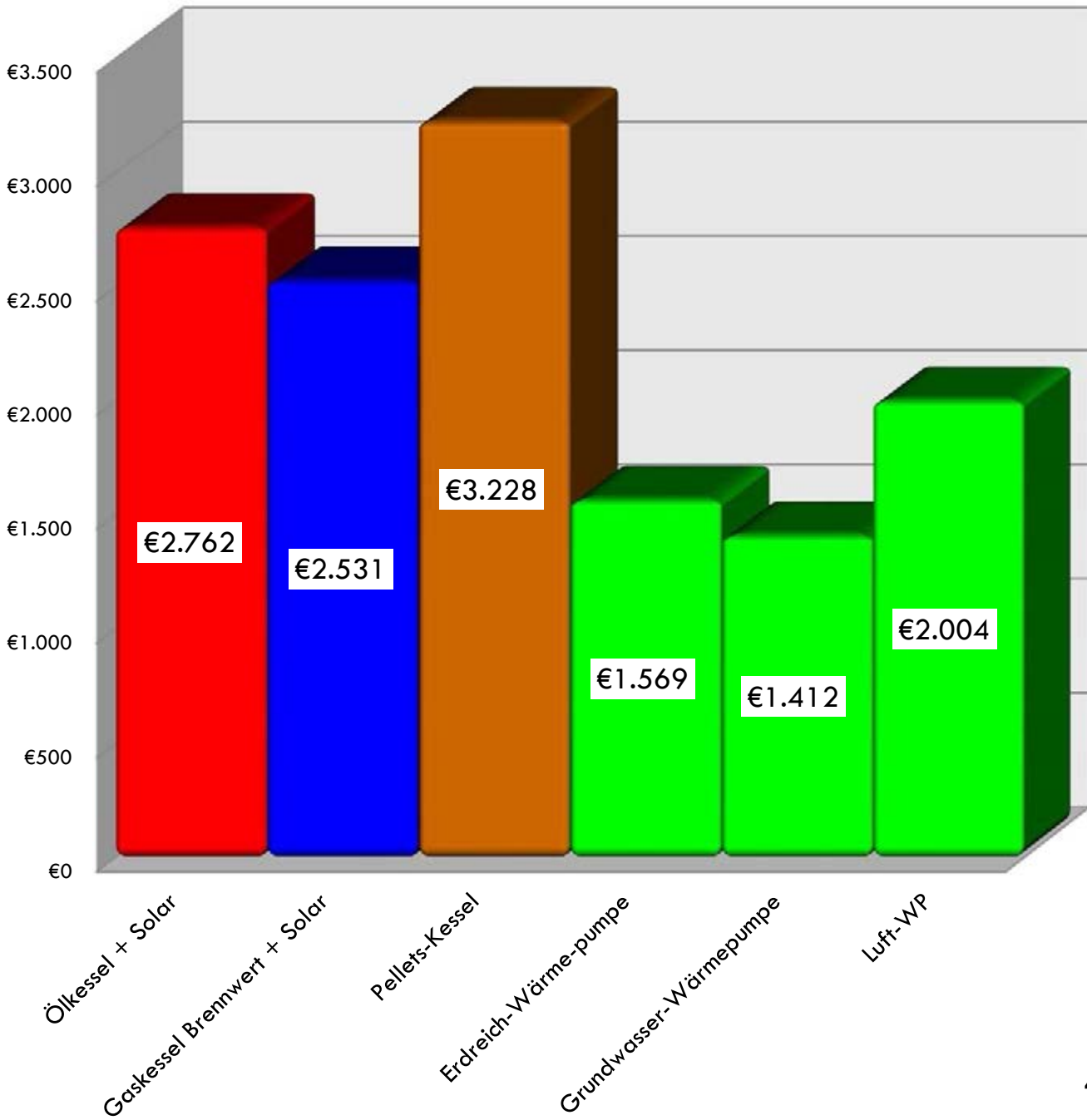
Energiepreisentwicklung



Wirtschaftlichkeit
mögliche künftige Betriebs-
und Verbrauchskosten

Einfamilienhaus:
beheizte Fläche: 150 m²
Heizlast: 6 kW
Warmwasser für 4
Personen

Künftig mögliche Energiepreise:
Öl: 1,44 €/l
Erdgas: 1,44 €/l
Pellets: 526 €/t
Heizstrom: 37 Ct/kWh
Strom allgemeiner Tarif: 50
Ct/kWh

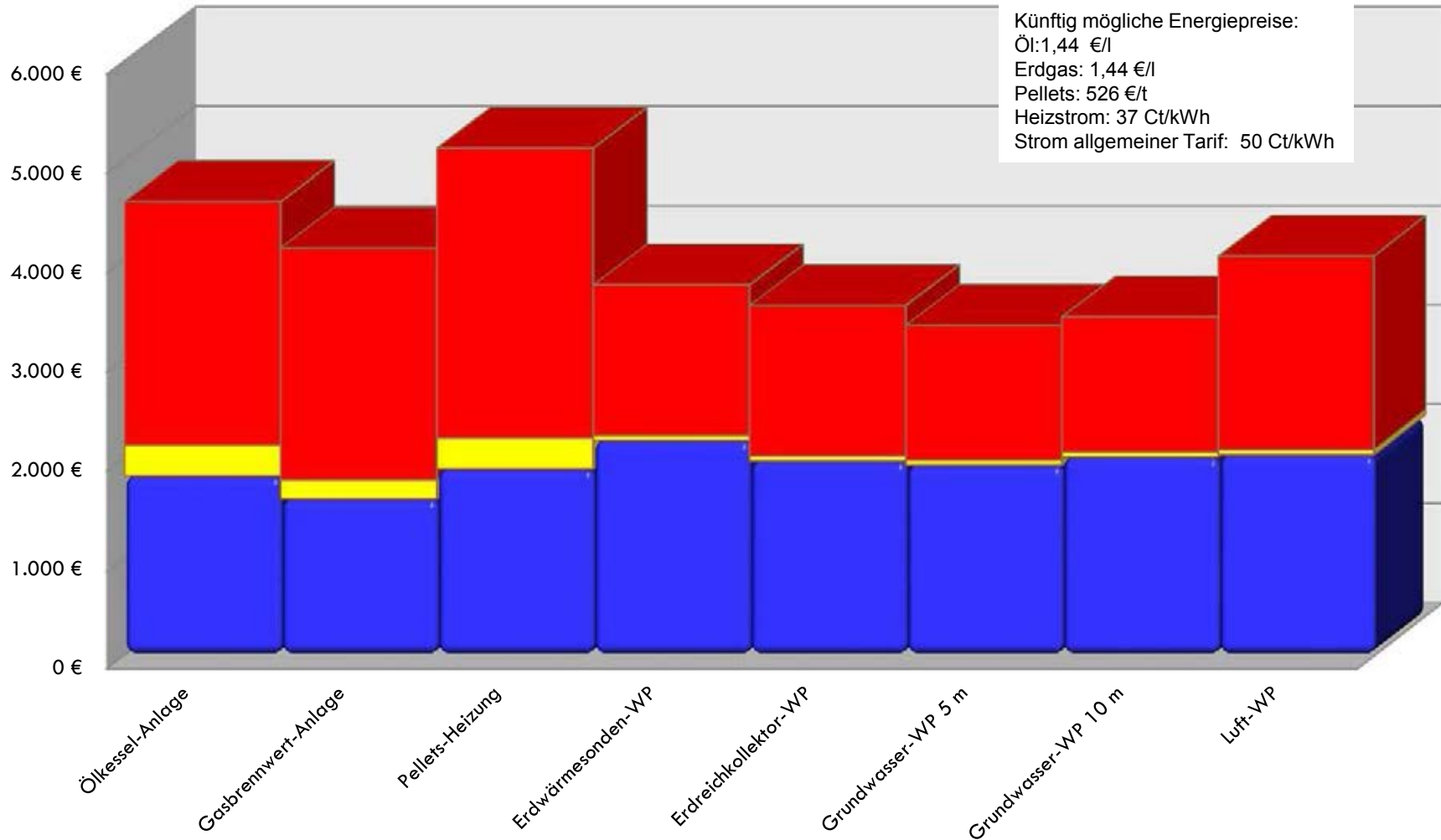


Wirtschaftlichkeit

künftiger Heizkostenvergleich nach VDI 2067:

Einfamilienhaus:
beheizte Fläche: 150 m²
Heizlast: 6 kW
Warmwasser für 4 Personen

Heizkosten nach VDI 2067

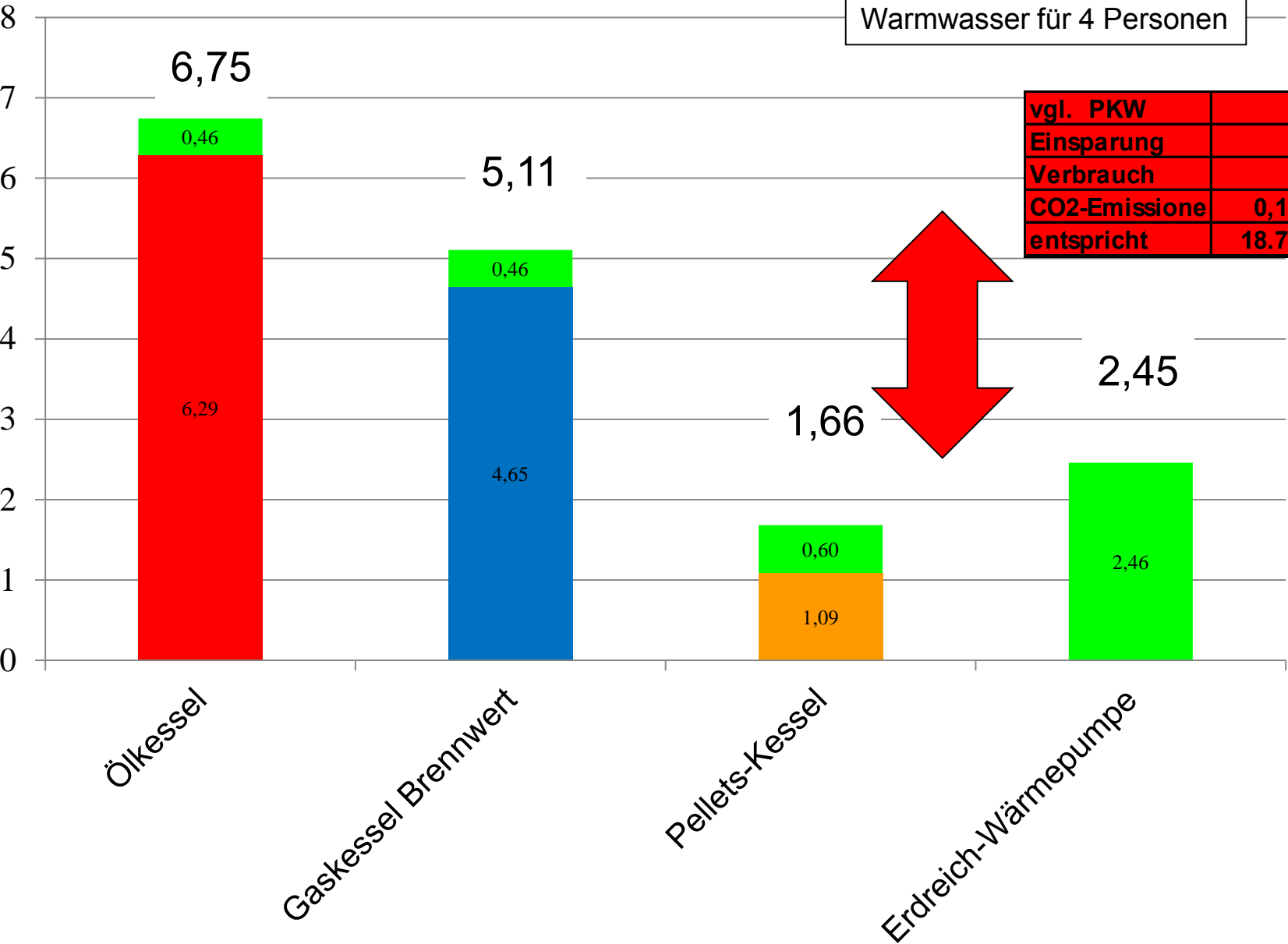


Künftig mögliche Energiepreise:
Öl: 1,44 €/l
Erdgas: 1,44 €/l
Pellets: 526 €/t
Heizstrom: 37 Ct/kWh
Strom allgemeiner Tarif: 50 Ct/kWh

■ Kapitalkosten: ■ Betriebsgebundene Kosten ■ Verbrauchsgebundene Kosten

Umweltverträglichkeit
CO₂-Emissionen

Einfamilienhaus:
 beheizte Fläche: 150 m²
 Heizlast 7,5 kW
 Warmwasser für 4 Personen



vgl. PKW		
Einsparung	3 t/a	
Verbrauch	6 l/100 km	
CO₂-Emissionen	0,160 kg/km	
entspricht	18.750 km/a	

- Strom Ro 458
- Pellets 42
- Erdgas 249
- Heizöl 303

Ziele:

1. Tiefe Systemtemperatur bei Wärmeerzeugung
2. Hohe Systemtemperatur bei Kälteerzeugung
3. Einfache Hydraulik ohne Mischer; Ausnahme: Taupunktregelung
4. Einfache Regelung

1. Ermittlung Heiz- und Kühllast je Raum [W]

2. Ermittlung der spezifischen Heiz- und Kühllast je Raum [W/m²]

3. Auswahl von Systemen mit

- **möglichst einheitlich tiefen Systemtemperaturen beim Heizen z. B. 35/30**
- **Möglichst einheitlich hohen Systemtemperaturen beim Kühlen z. B. 16/19**

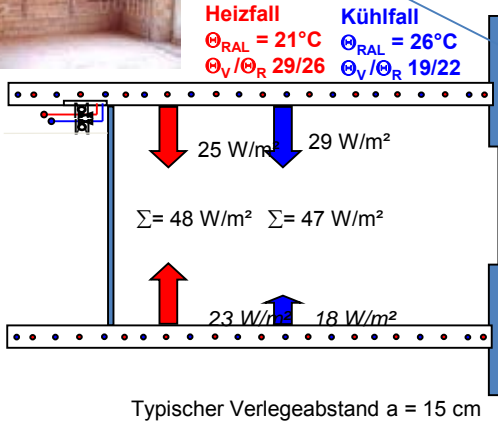
4. Wenn unterschiedliche spezifische Heizlasten [W/m²]: z.B. meist 35 W/m², Bad 70 W/m²

- Verbesserung der Bauphysik
- Variation Verlegeabstand
- Kombinationen z.B. Fußbodenheizung mit Wandheizung oder Gebläsekonvektoren in einzelnen Räumen - ggf. VORSEHEN
- Ergänzung mit Elektroheizung (nur kurzzeitig eingesetzt)

Wenn unterschiedliche Systemtemperaturen unvermeidlich: getrennte Wärmeerzeugung → Puffer Frischwasser

Heiz-Kühl-Flächen

- spezifische Leistungen -



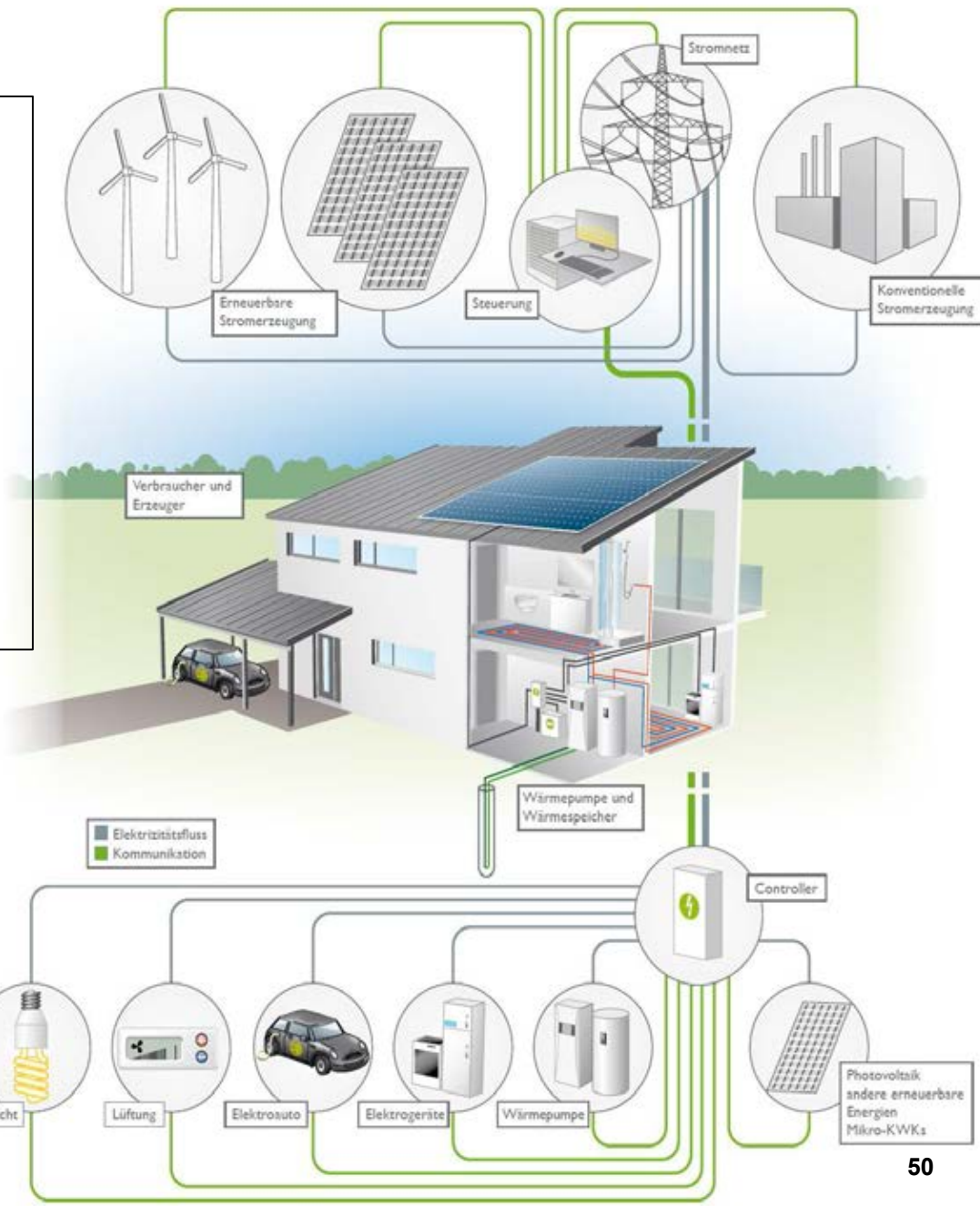
	Faustwertefür Komfortbedingungen	
	spezifische Heizleistung	spezifische Kühlleistung
Fußbodenheizung	60 W/m²	30 W/m²
Wandheizung	100 W/m²	50 W/m²
(bezogen auf Wandfläche)		Strahlungsasymmetrie
Bauteiltemperierung	25 W/m² von oben	25 W/m² von oben
wenn keine Dämmung	25 W/m² von unten	25 W/m² von unten
Heiz-Kühldecke	35 W/m²	70 W/m² Gipsträger
		120 W/m² Metallträger
Gebälsekonvektor	"unbegrenzt"	"unbegrenzt"
Lüftung	"unbegrenzt"	"unbegrenzt"



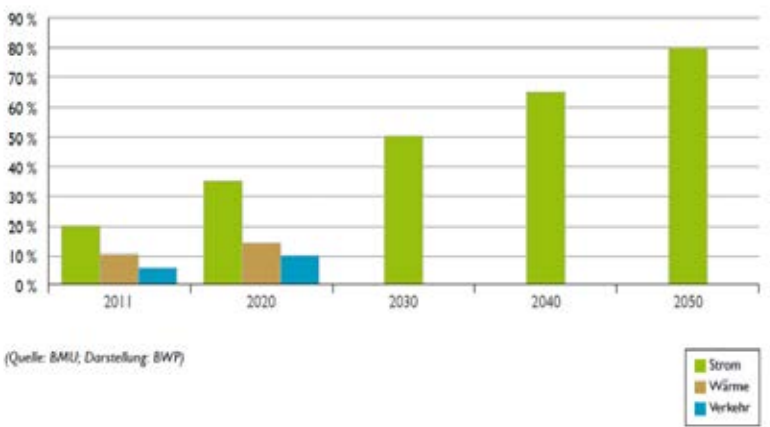
Systemtechnik von Wärmepumpenanlagen

Regelung von Wärmepumpenanlagen smart grid

- Vorteile:**
1. Nutzung von Stromüberschüssen/Netzlastspitzen
 2. Einfache Speicherung von Energie
 3. Reduzierung von ineffizienten Spitzenlastkraftwerken
 4. Reduzierung regionaler Netzüberlastung
 5. Reduzierung Netzausbau
 6. Strommarktpreise nutzen
 7. Förderung regenerativer Stromerzeugung (2010: 150 GWh Windstrom konnten nicht eingespeist werden)
 8. Nutzung von Eigenerzeugung (PV)



Überblick über den Wärme- und Strommarkt sowie die Ziele der Bundesregierung für den Anteil Erneuerbarer Energien



DVGW W 551:



Kleinanlage:

1. Einfamilienhaus oder
2. Zweifamilienhaus oder
3. Trinkwarmwasserspeichereinhalt < 400 l und Leitungsvolumen < 3 l

Großanlage:

„Alle anderen“:
Wohngebäude, Hotel, Altenheim,
Krankenhaus, Bäder, Sport, Industrie,
Camping

Anforderungen:

- Am Wasseraustritt des TWW-Erwärmers:
„60 °C müssen eingehalten werden können“
- 1 x täglich müssen alle Vorwärmstufen auf 60 °C erwärmt werden **können**
- Betrieb:
 - Empfehlung Reglereinstellung: 60 °C
 - Unter 50 °C vermeiden

Anforderungen:

- Am Wasseraustritt des TWW-Erwärmers:
„60 °C müssen eingehalten werden“
- 1 x täglich müssen TWW-Speicher und alle Vorwärmstufen auf 60 °C erwärmt werden

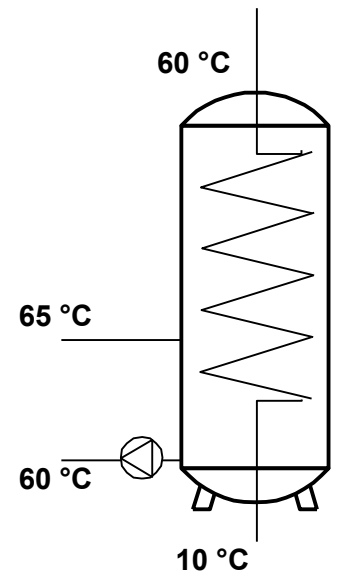
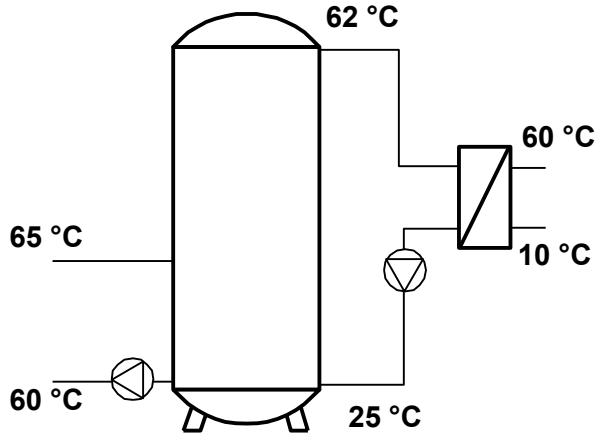
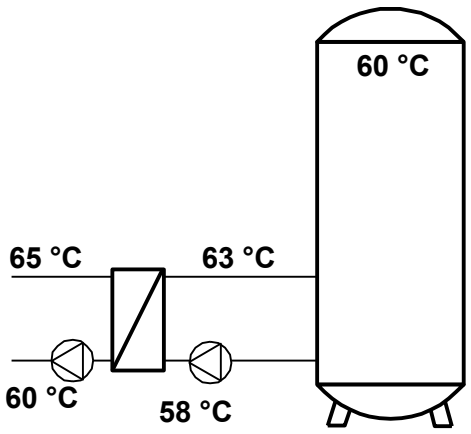
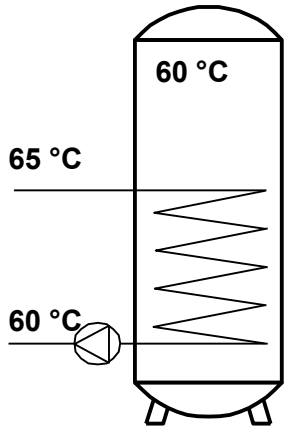
Zirkulationssystem: wenn Leitungsvolumen > 3 l oder Großanlage

1. WW-Temperatur: max. 5 K geringer als Speicheraustrittstemperatur
2. Abschaltung: max. 8 h/d

Öffnungsklausel (konform mit DIN 1988 – 200:
Andere Maßnahmen und Verfahren sind erlaubt → Nachweis durch mikrobiologische Untersuchung

Dezentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer
keine Anforderung wenn Leitungsvolumen < 3 l

Warmwasserbereitung nach DVGW W551
Effiziente Konzepte zur Warmwasserbereitung



0,2 m² Glattrohr-WT/kW

innenliegender Glattrohr-wärmetauscher

außenliegender Platten-wärmetauscher

Frischwassersystem Platten-WT

Frischwassersystem Innen liegender WT

Anwendung:

- + einfaches System

- + für hohe WP-Leistungen
- + Nutzung vorhandener Speicher

- + für hohe WP-Leistungen
- + Hygienevorteile
- + gute Speichernutzung
- + hohe Effizienz

- + hohe WP-Leistungen
- + Hygienevorteile
- + einfaches System

Effizienz:

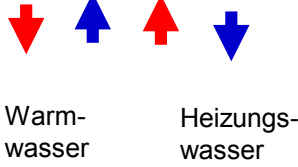
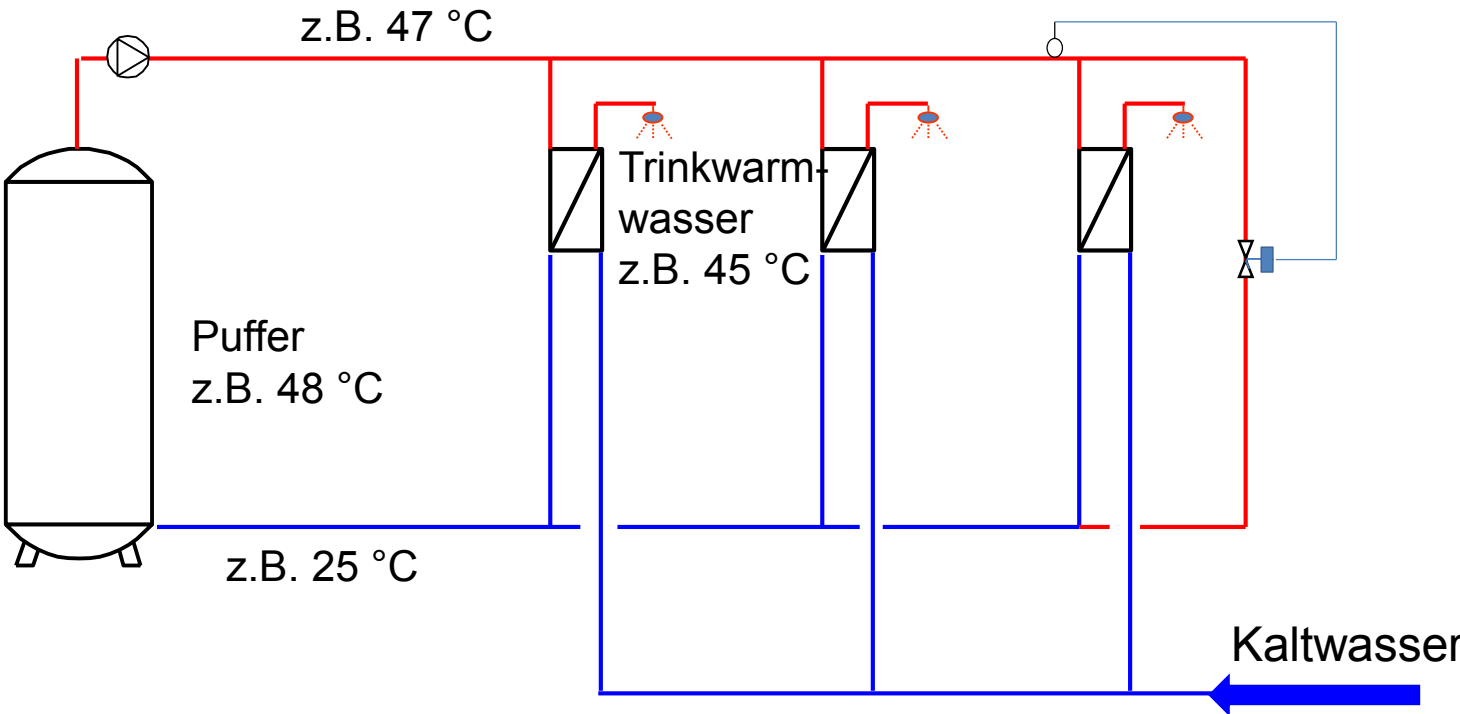
- häufig keine Wärmeübertragung im oberen Bereich
- TWW nur mit freier Konvektion am WT

- + geringe Grädigkeit planbar
- + hoher COP in der Anfangsphase der Speichererwärmung

- + geringe Grädigkeit planbar
- + hoher COP in der Anfangsphase der Speichererwärmung
- +/- Effizienz sehr abhängig von Rücklauftemperatur (25 °C) und Dimensionierung WT
- Regelung des Pufferkreises sinnvoll**

- häufig nur geringe Wärmeübertragung im unteren Bereich
- TWW nur mit freier Konvektion am WT

Dezentrale Frischwassersysteme



V-Strom	l/min	20			
	m³/h	1,2			
di	mm	10	12	14	15
w	m/s	4,2	2,9	2,2	1,9
l	m/3l	38	27	19	17

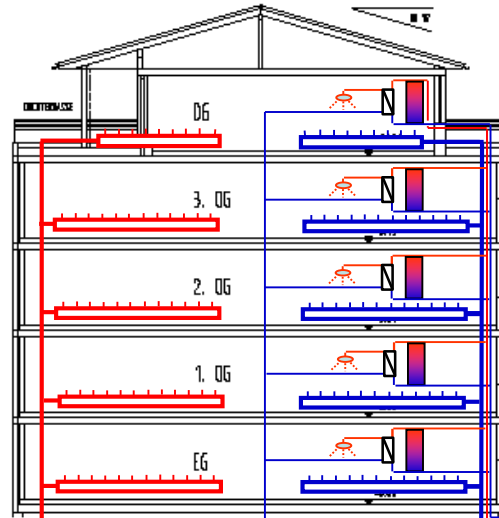
- Planungshinweise:**
1. Bypass bei entfernten FW-Systemen
 2. Kleine Durchmesser für WW-Leitungen
 3. Rohrleitungsmaterial: möglichst geringe Wärmekapazität

Erdwärmesonden-Anlage Ludwigshöhe

- + Fußbodenheizung
- + zusätzlicher Badheizkörper
- + hygienisches Frischwasser-system
- + Kühlen aller Etagen

Überall Fußbodenheizung
ggf. Wandheizung
Max. Vorlauftemperatur: 35 °C
Temperaturspreizung: 5K

Hydraulischer
Abgleich durch
•Differenzdruckregler
•Voreinstellung



hygienisches
Frischwasser-
System
Unterputzstation



zusätzlicher
Badheizkörper



Ergänzungsheizung
36 kW

Taupunktregelung

Schwebekörper-
durchflussmengen-
messer

Luftab-
scheider

wasserdichte
Mauerdurchführung

Schwingungs-
entkopplung

Schwingungs-
entkopplung

Schwingmetall-
Topfelemente
+ Schalldämm-
Unterlage

technischer
Speicher
500 l

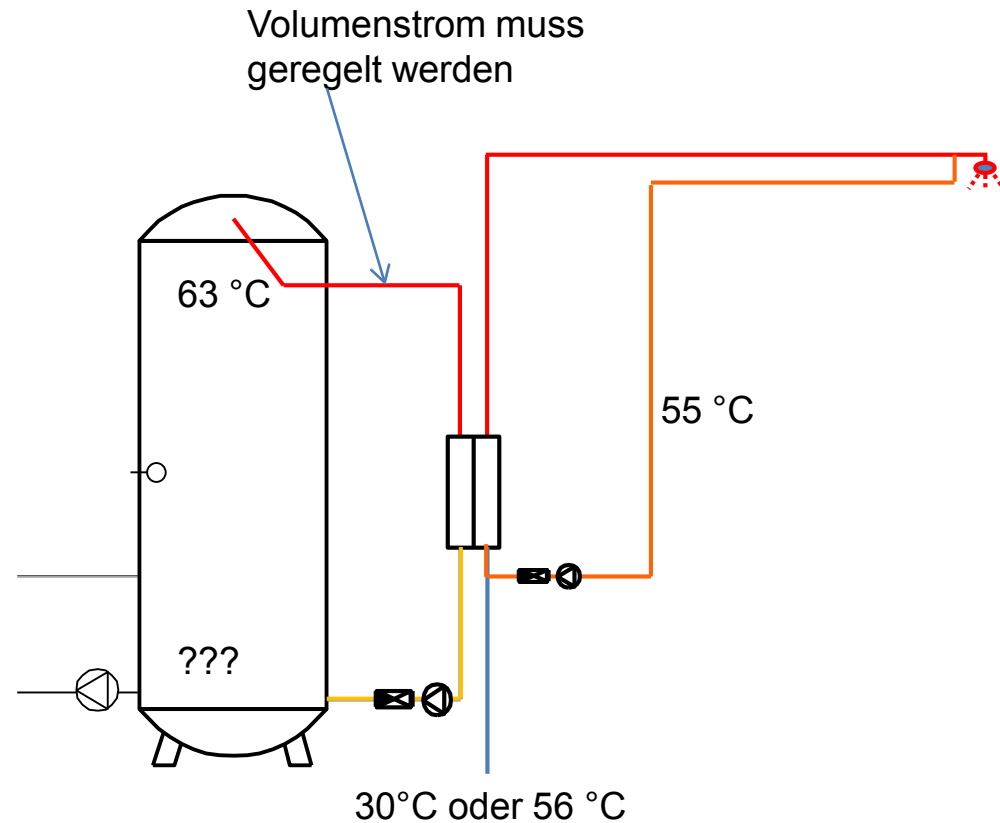
Puffer

2.000 l

Zentrales Frischwassersystem

Planungshinweise:

1. Vorlaufeinführung auf max. 30 % Speicherhöhe
2. Durchmischung vermeiden: großer Durchmesser Speicheranschluß oder Verteileinrichtung im Speicher
3. Temperaturfühler: Speichermitte
4. Grädigkeit am WT: 2...4 K im Auslegungspunkt
5. Keine Regelung der TWW-Temperatur
 - Proportionalregelung der Volumenströme oder
 - Rücklauftemperaturregelung



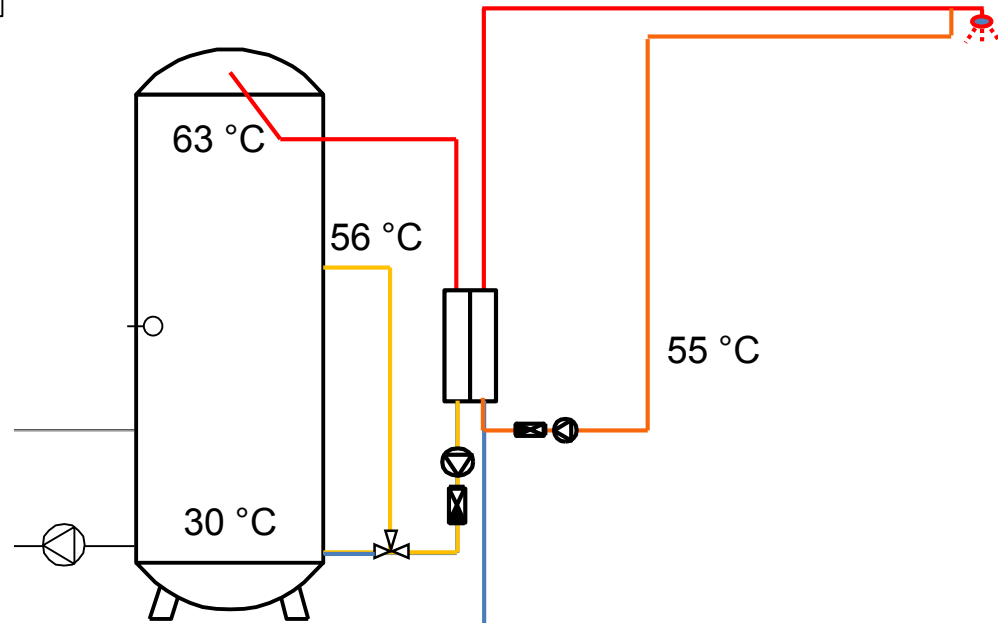
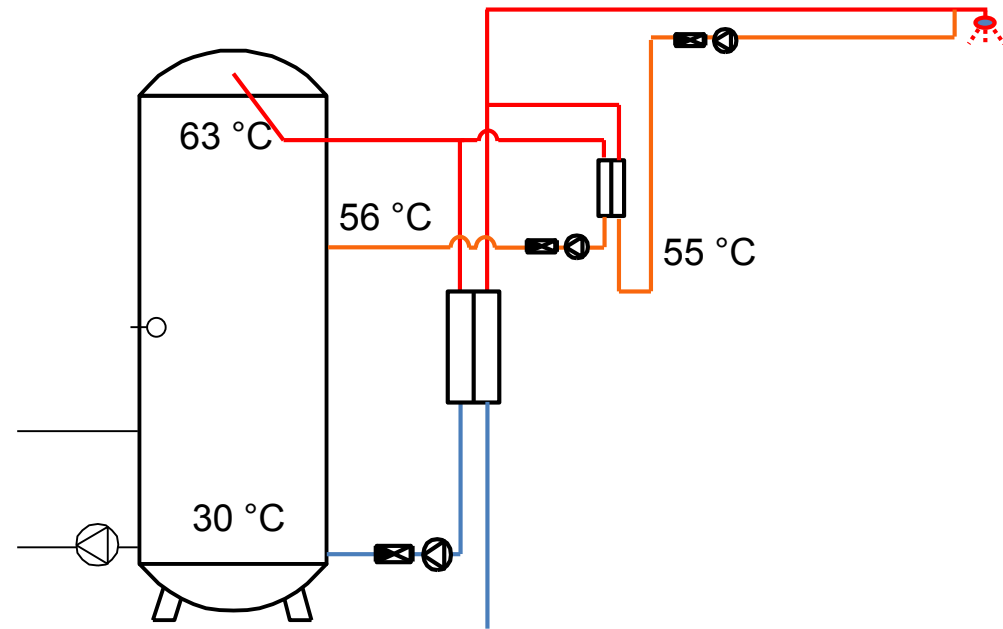
Zentrales Frischwassersystem

Planungshinweise:

6. Große Wassernetze mit Zirkulation:
→ zweistufige TWW-Erwärmung

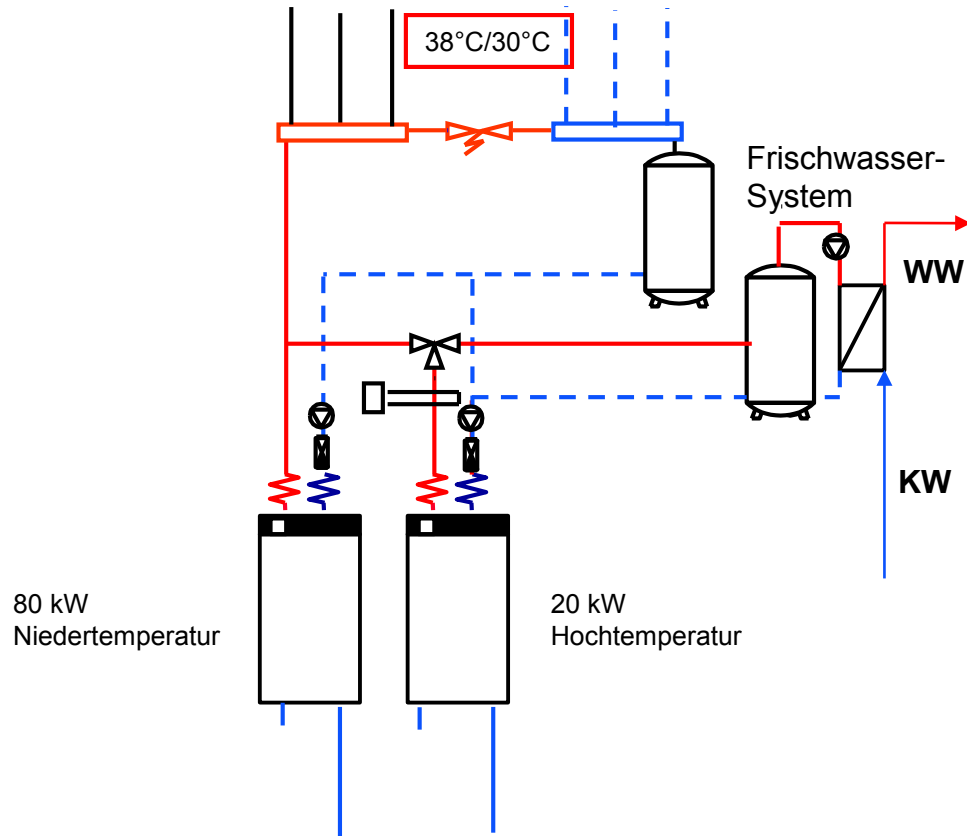
- + weniger Zerstörung der Schichtung
- tiefere Rücklauftemperatur WP
- + weniger Verkalkung

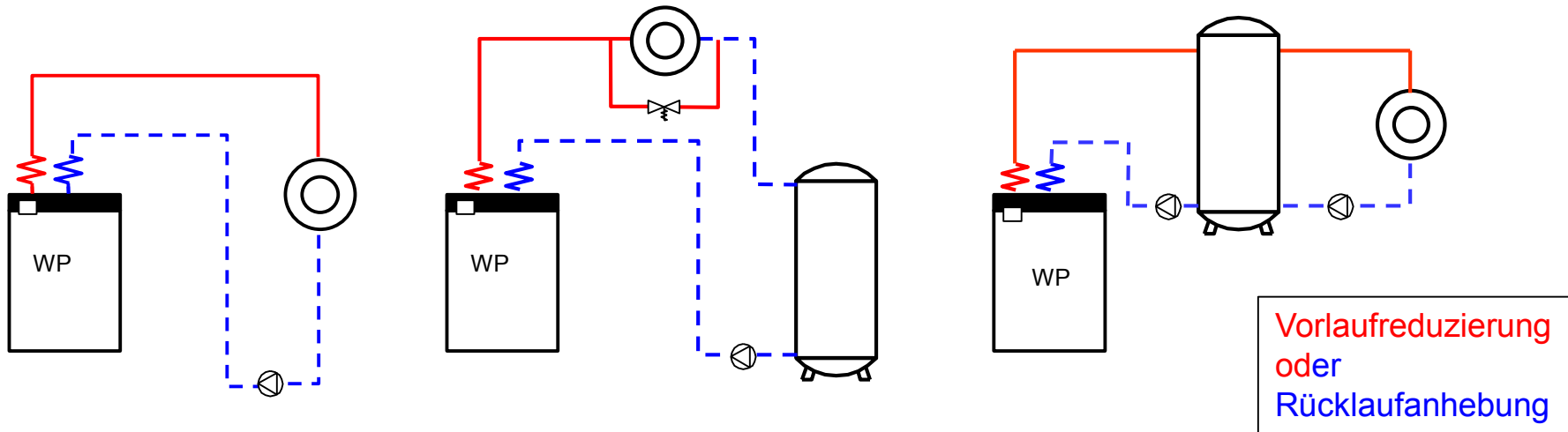
- größerer anlagentechnischer Aufwand



1. Dezentrale Frischwassersysteme → keine Temperaturanforderung
2. Dezentrale Warmwasserwärmepumpen
3. Hochtemperaturwärmepumpe
 1. Kältemittel: R 134 a, R 290, R 404A + R 134a, R 744 (CO₂)
 2. Kältekreislauf: Economizer→ 70 ... 75 °C verfügbar
4. Elektrische Nacherwärmung
5. Fossil befeuerter Kessel, BHKW

Niedertemperatur-WP und Hochtemperatur-WP „Großanlage“ zentrales Frischwassersystem





Einbindung des technischen Speichers

- direkte Nutzung des Vorlaufwassers aus dem Kondensator
 - keine Puffer- oder Kombispeicher
 - keine Mischer
- diffusionsdichte oder eisenfreie Materialien

Mindest-Speichervolumen: (0)...7...10...20 l/kW

$$V_{SP} = V_{min} - V_{worst,Ver}$$

V_{min} : minimaler Kondensatorvolumenstrom [l]
während Mindestlaufzeit [Minuten]

$$= \frac{\Phi_{WP} * L_{min}}{60 \text{ min} * 1,163 \text{ W/K} * \Delta t_{max}}$$

Φ_{WP} : Kondensatorleistung [W] (geringste bei mehrstufig)

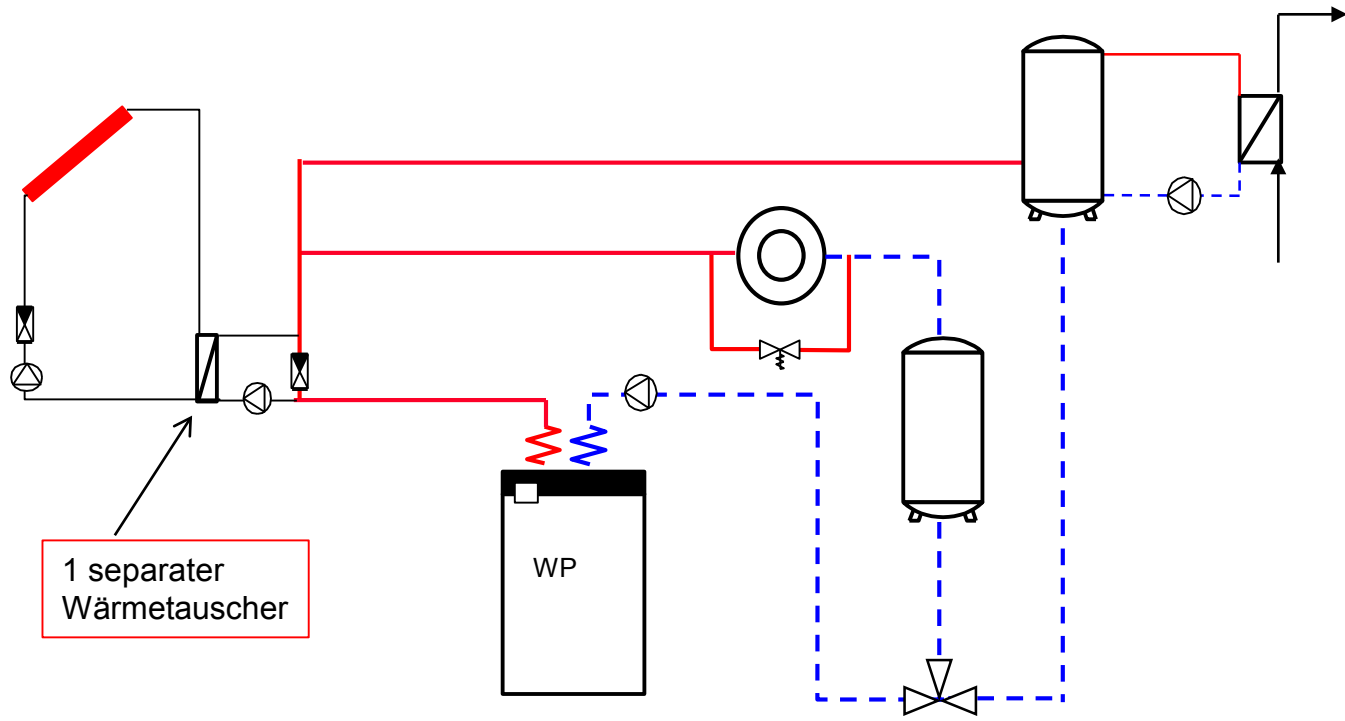
L_{min} : minimale VD-Laufzeit typisch: 5...10 min

Δt_{max} : max. Temperaturspreizung: typisch: 8...10 K

$V_{worst,Ver}$: Verbrauchervolumenstrom während Mindestlaufzeit [l] im worst case

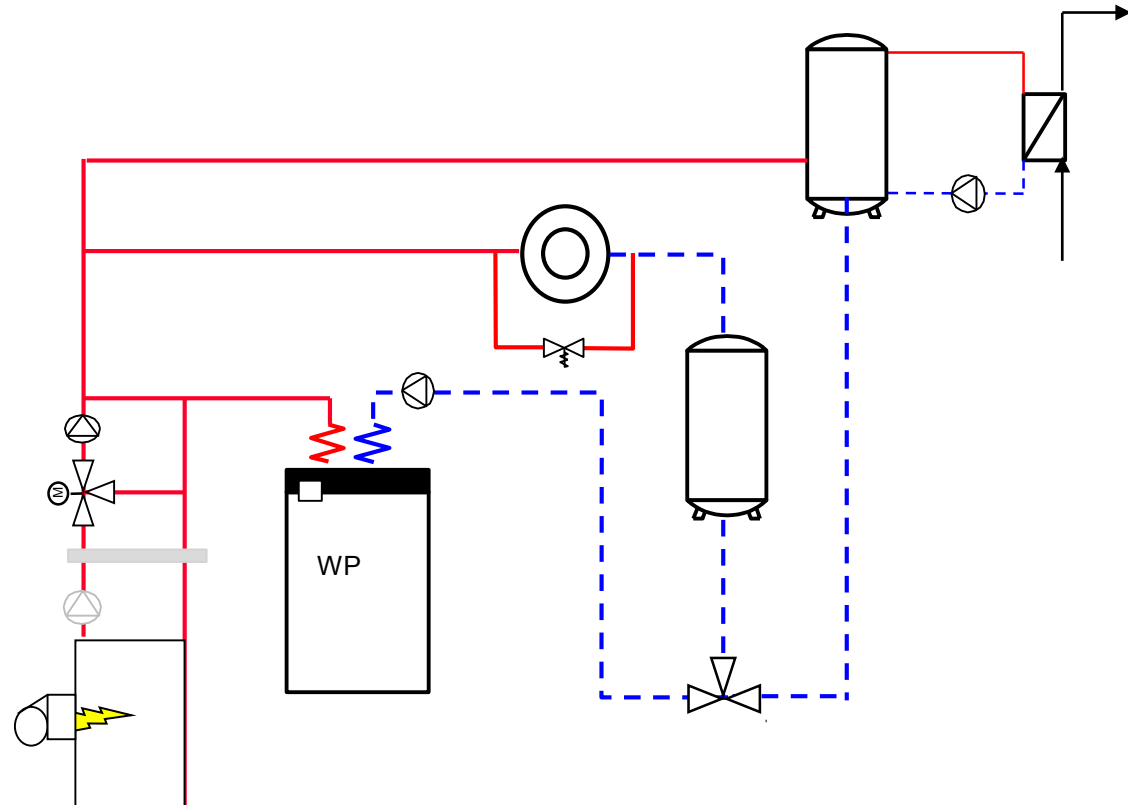
Systemtechnik von Wärmepumpenanlagen Kombination mit Solarthermie

Anwendungen: WP + „kleine“ Solaranlage



Anwendungen:

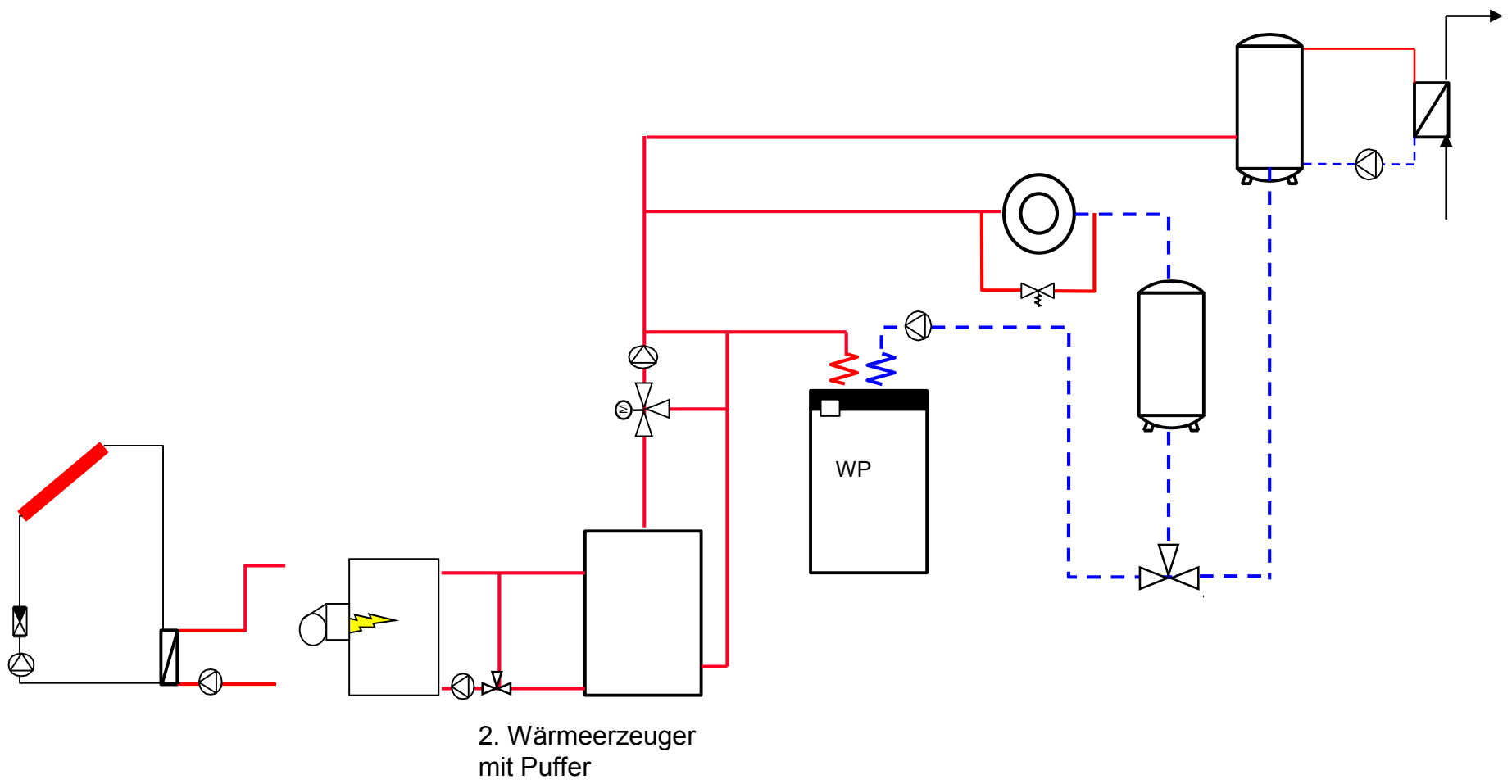
- Spitzenlast mit 2. Wärmeerzeuger
- Einbindung von Solaranlage, Holzkessel, BHKW oder Brennstoffzelle mit Pufferspeicher



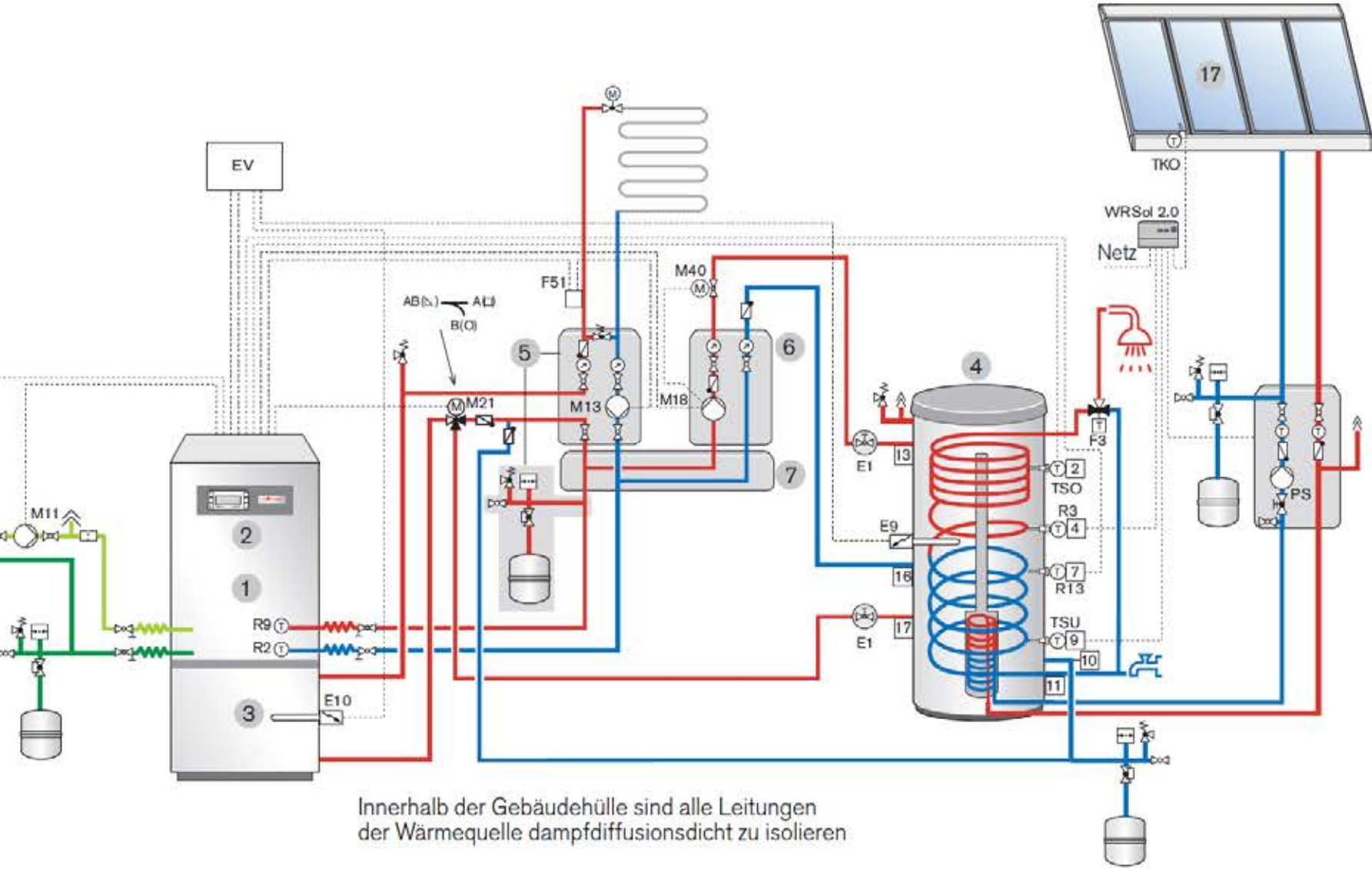
2. Wärmeerzeuger: Öl- oder Gaskessel

Anwendungen:

- Spitzenlast mit 2. Wärmeerzeuger
- Einbindung von Solaranlage, Holzkessel, BHKW oder Brennstoffzelle mit Pufferspeicher



Systemtechnik von Wärmepumpenanlagen Kombination mit Solarthermie



Innerhalb der Gebäudehülle sind alle Leitungen der Wärmequelle dampfdiffusionsdicht zu isolieren

Heizen und Kühlen

Bürogebäude Perlach

Gebäudedaten:

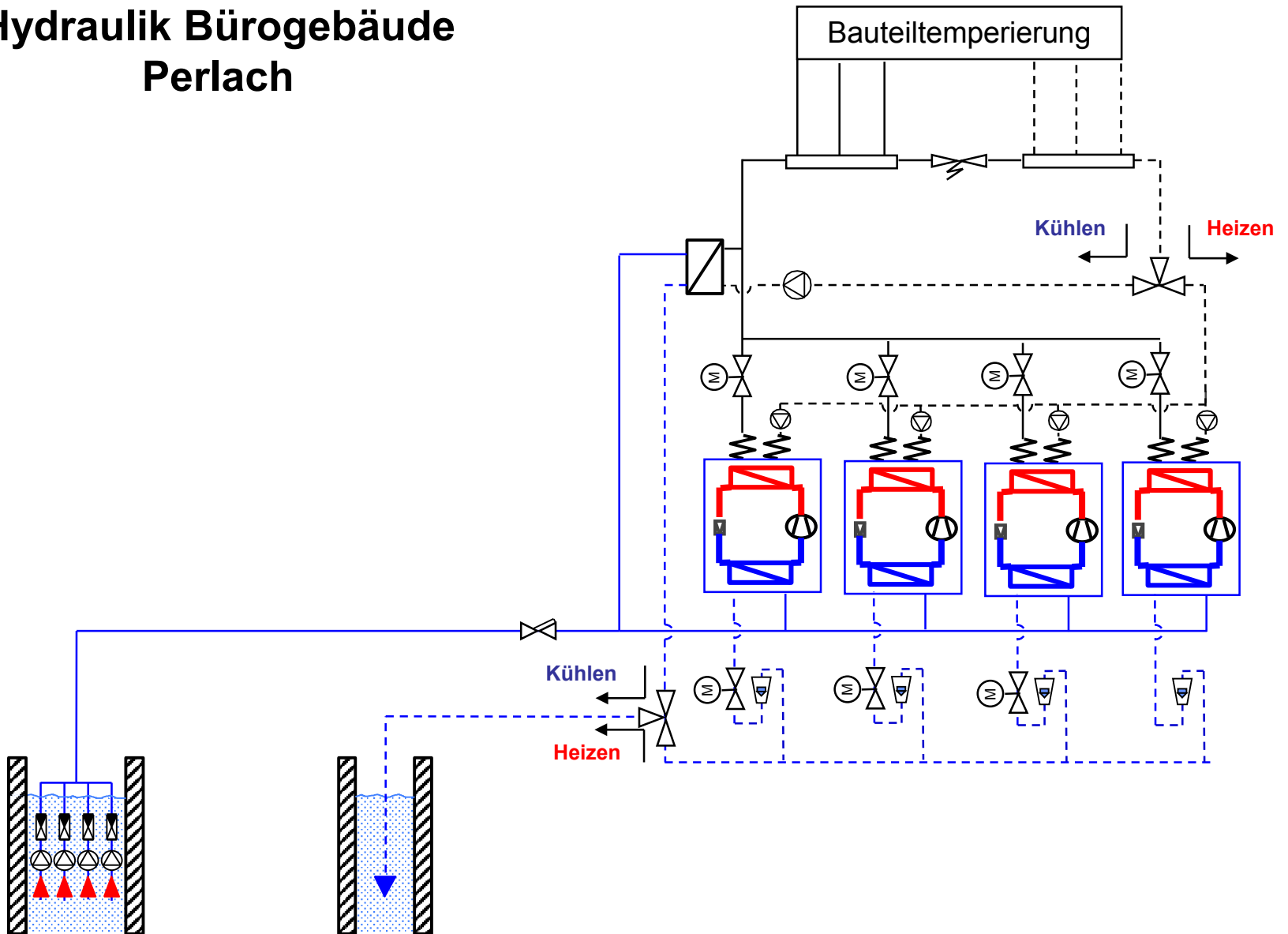
temperierte Fläche:	7.500 m ²
Heizlast:	235 kW
Kühllast:	250 kW



Heizen und Kühlen

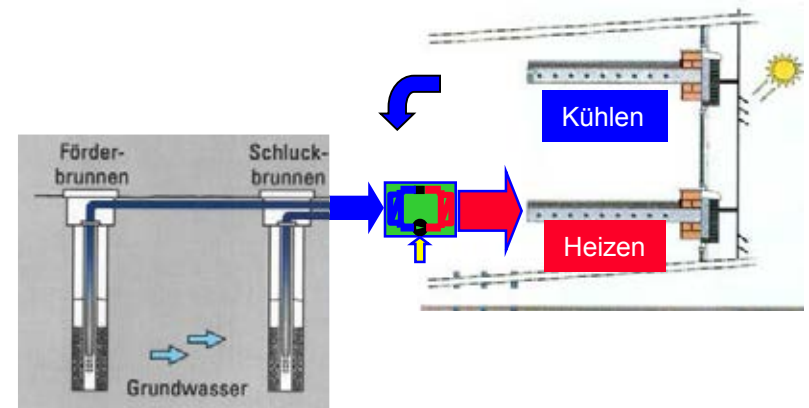
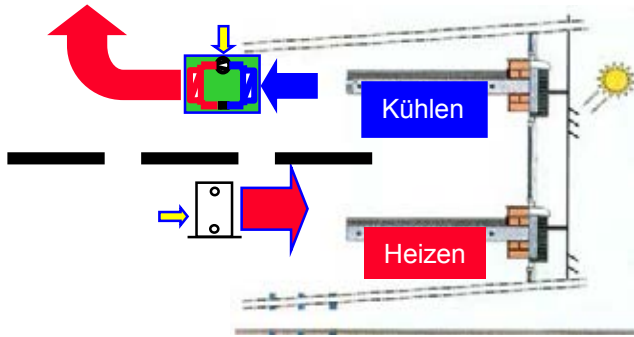
Hydraulik Bürogebäude

Perlach



Heizen und Kühlen

Investitionskosten Perlach



Gaskessel

Kaltwassersatz 250 kW

Rückkühlwerk

Gaskessel 250 kW:	15.000 €
Anschlusskosten:	6.000 €
Schornstein:	5.000 €
Kaltwassersatz 250 kW:	40.000 €
Kühlturm m. Zubehör 330 kW:	20.000 €
Verrohrung, Armaturen, usw.	40.000 €
Elektro und MSR	30.000 €
Summe Invest:	156.000 €

Grundwasserwärmepumpe

Wärmetauscher Kühlung

Brunnenanlage:	30.000 €
Wärmepumpen 235 kW:	45.000 €
Verrohrung, Armaturen, usw.	25.000 €
Wärmetauscher Kühlung:	10.000 €
Elektro und MSR	30.000 €
Summe Invest:	140.000 €

Heizen und Kühlen

Verbrauchskostenvergleich

Bürogebäude Perlach

Gaspreis: 0,65 €/m³
 Strompreis WP: 0,196 €/kWh
 Strompreis allg.: 0,27 €/kWh

Gebäudedaten:

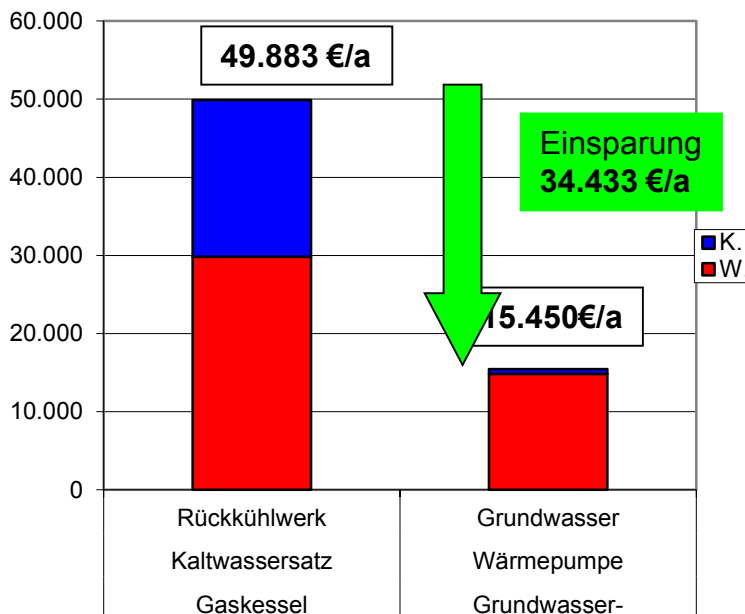
temperierte Fläche: 7.500 m²

Heizlast: 235 kW

Kühllast: 250 kW

Heizwärmebedarf: 376.000 kWh/a
 (b_{vH} = 1.600 h/a)

Kältebedarf: 200.000 kWh/a
 (b_{vK} = 800 h/a)

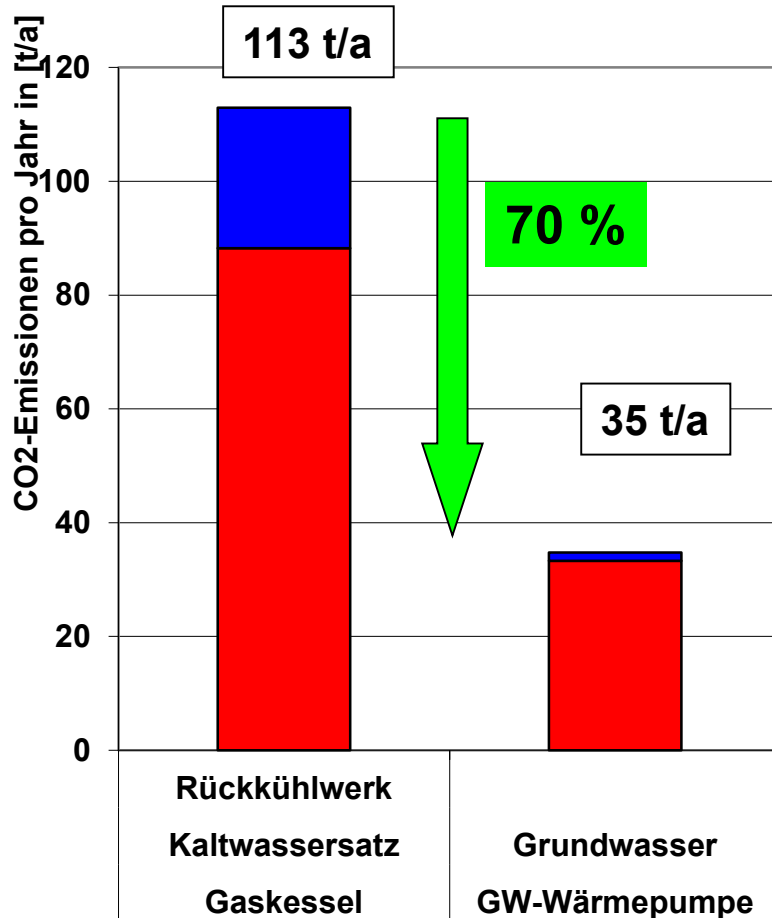


	Gaskessel	Grundwasser-
	Kaltwassersatz	Wärmepumpe
	Rückkühlwerk	Grundwasser
Wärmeerzeugung:		
(Verteilungsverl. vernachlässigt)		
Gasbedarf $\eta_{\text{Nutz}} = 95\%$	38.917 m ³ /a	
Gaskosten	25.296 €/a	
Wärmepumpe $\beta_H = 5$		75.200 kWh/a
Stromkosten	400 €/a	14.739 €/a
Leistungs-/Messpreis	4.148 €/a	84 €/a
Wärme :	29.844 €/a	14.823 €/a
Kälteerzeugung:		
Wasser aufbereitet	5.000 €/a	
Kältemaschine $\beta_K = 4$	50.000 kWh/a	
Kühlwasserpumpe	3.200 kWh/a	
Ventilator	2.500 kWh/a	
Grundwasserpumpe		3200 kWh/a
(elektr. Leistung: 4 kW)		
Stromkosten	15.039 €/a	627 €/a
Kälte:	20.039 €/a	627 €/a
Gesamtsumme:	49.883 €/a	15.450 €/a

Heizen und Kühlen

CO₂-Emissionen

Spez. CO₂ –Emissionen Erdgas: 223 g/kWh
 Strom Stadtwerke München 2012: 443 g/kWh



	Gaskessel	GW-Wärmepumpe
	Kaltwassersatz Rückkühlwerk	Grundwasser
Wärmeerzeugung		
Wärmemenge	376.000 kWh/a	376.000 kWh/a
Endenergie	395.789 kWh/a	75.200 kWh/a
CO₂-Emissionen	88 t/a	33 t/a
Kälteerzeugung		
Kältemenge	200.000 kWh/a	200.000 kWh/a
Endenergie	55.700 kWh/a	3.200 kWh/a
CO₂-Emissionen	25 t/a	1 t/a

vgl. PKW		
Einsparung	78 t/a	
Verbrauch	6 l/100 km	
CO ₂ -Emission	0,160 kg/km	
entspricht	488.781 km/a	
oder		
	24 Autos a 20.000 km/a	

- **Hydraulischer Abgleich, exakte Voreinstellung der Heizkreisverteiler**
- **Optimierung der Heizkurveneinstellung**
- **Rücklauftemperaturregelung**
- **ggf. Raumtemperaturkompensation: Raumfühler in Hauptzone**
- **Keine Nachtabsenkung**
- **Bedarfsabhängige Steuerung der Umwälzpumpen**

- **keine übergeordnete Regelung**
→ **Hydraulik sollte nach Möglichkeiten des WP-Reglers entwickelt werden**

- **Fernwartung planen und in Betrieb nehmen; Beteiligte einweisen**

- **Arbeitszahl überwachen**
 - **Anfangs wöchentlich; wenn β gut dann**
 - **monatlich mindestens jährlich**

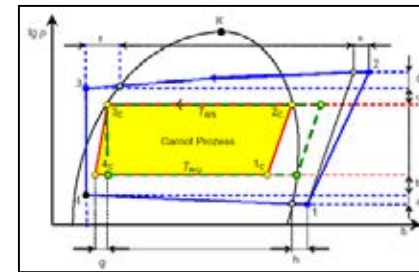
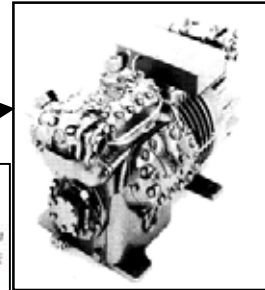
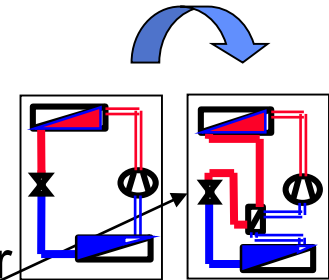
- **Raumregelung: Mindesttemperatur der Flächenheizung**



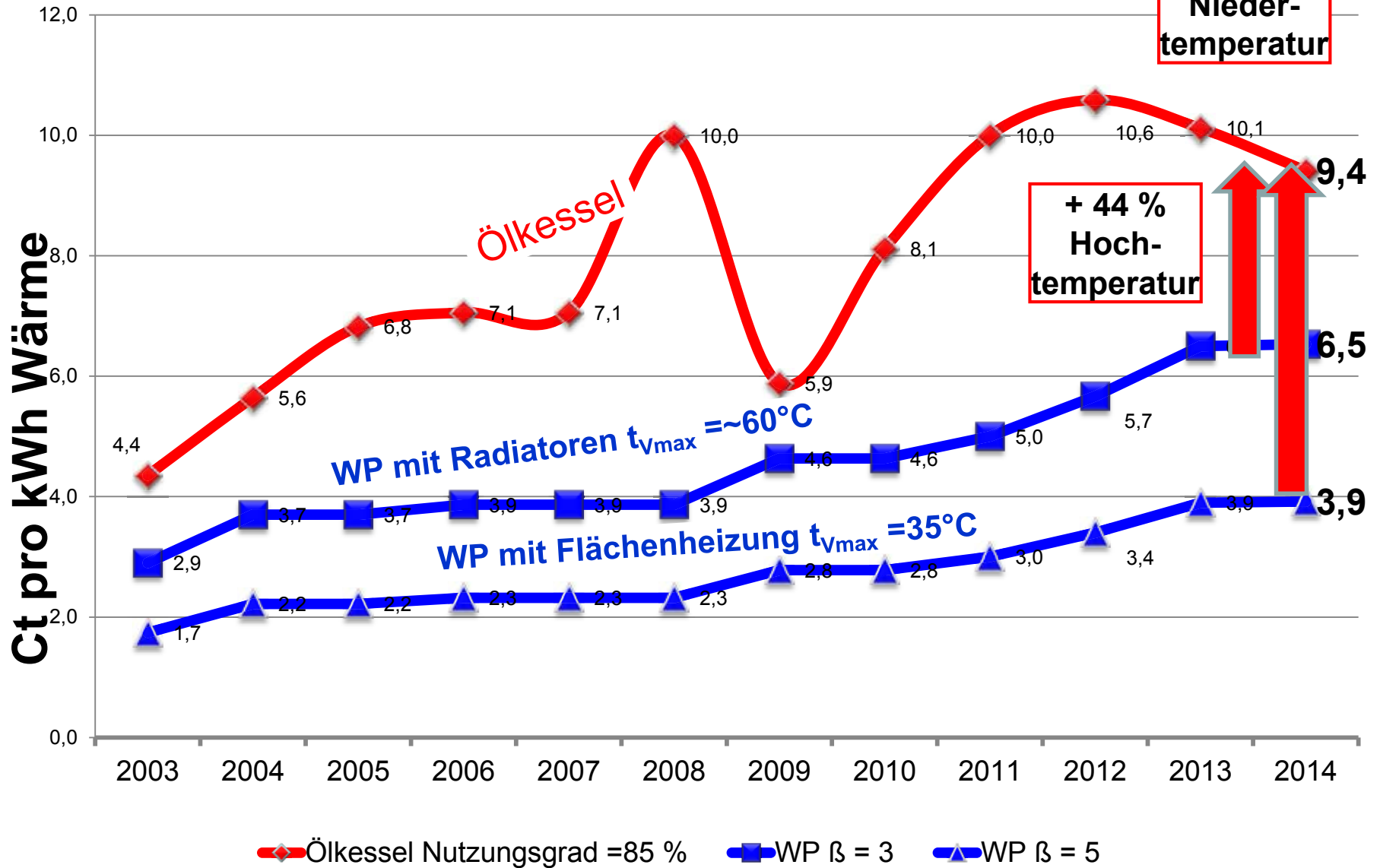
2014 Wärmepumpe bei Sanierung

Warum ist diese Technik wirtschaftlich interessant geworden?

1. Energiepreisentwicklung
2. Höhere energetische Effizienz durch Entwicklungen in der Wärmepumpen- und Systemtechnik
 1. **Elektronisches Expansionsventil**
 2. Verdichtertechnik → Optimierungen
 3. Hochtemperatur-Kältemittel → R134a, R 290
3. Erkenntnisse bei der Wärmequellentechnik
 1. Grundwasser: Grenzwerte sind bekannt
 2. Fläche des Erdreichkollektors konnte durch neue Technologie reduziert werden
 3. Erdwärmesonde hat sich etabliert
 4. Wärmequellenatlas



Steigerung der spezifischen Wärmepreise



1. Ermittlung Heizleistung WP nach DIN EN 12831

2. Auswahl der Wärmequelle

3. Ermittlung der notwendigen Vorlauftemperatur bei $T_{AUL} = -16\text{ °C}$

alte Heizung betreiben als wäre Standard - Wärmepumpe bereits installiert:

- keine Nachtabsenkung
- möglichst großer Volumenstrom
- Thermostate bzw. Einzelraumregelungen offen, hydraulischer Abgleich
- Vorlauftemperatur auf max. Vorlauftemperatur-Niveau der WP begrenzen

4. Wenn Vorlauftemperatur nicht ausreicht

Vergrößerung der Heizflächen in den betroffenen Räumen

- leistungsstärkere Radiatoren, Konvektoren oder Gebläsekonvektoren
- Ergänzung mit Wandheizung
- Ergänzung mit elektrischer Direktheizung (z.B. Bad)

5. Planung der Warmwasserbereitung

6. Option Kühlen abklären

Formel zur Berechnung:

$$\dot{Q}_{WP} = \text{Verbrauch[l/a]} \times \text{Wärmeinhalt[kWh/l]} \times \text{J.-Nutzungsgrad} / \text{Vollben.-Stunden[h/a]} \times \text{Sperrzeitfaktor}$$

Wärmeinhalt:	10 kWh/l
J.-Nutzungsgrad alter Kessel:	0,5 ... 0,85
Vollbenutzungsstunden:	2.100 h/a

Beispiel:

Ölkessel 30 Jahre: J.-Nutzungsgrad ~0,6

Ölverbrauch: 7.000 l/a

Sperrzeit: 2 x 1 h/d

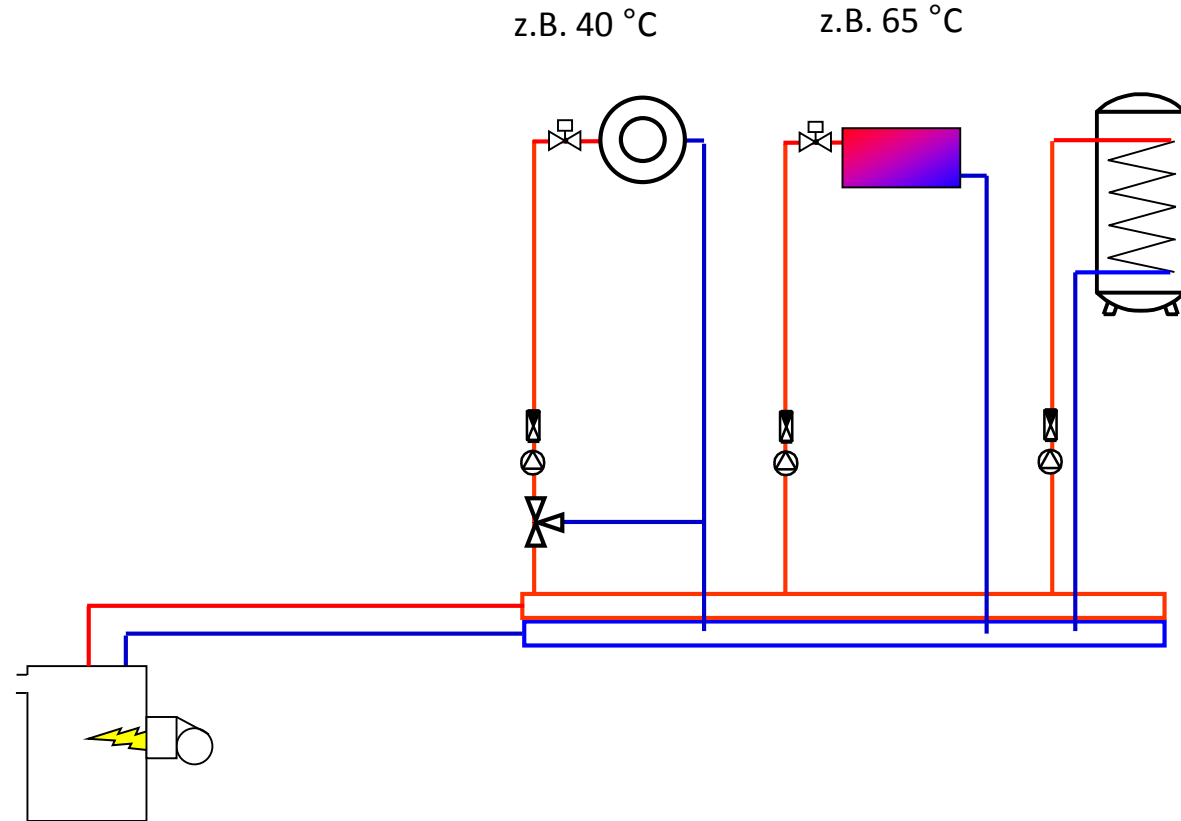
$$\dot{Q}_{WP} = 7.000 \text{ l/a} \times 10 \text{ kWh/l} \times 0,6 / 2.100 \text{ h/a} \times 24\text{h}/22\text{h} = 22 \text{ kW}$$

Gebäude	Spezifischer Heizleistungsbedarf
Neubau nach EnEV 2009	30 – 40 W/m ²
Nach WSchVO 1995	50 – 60 W/m ²
Baujahr ab etwa 1980 normale Wärmedämmung	70 – 90 W/m ²
Älteres Mauerwerk ohne besondere Wärmedämmung	120 W/m ²

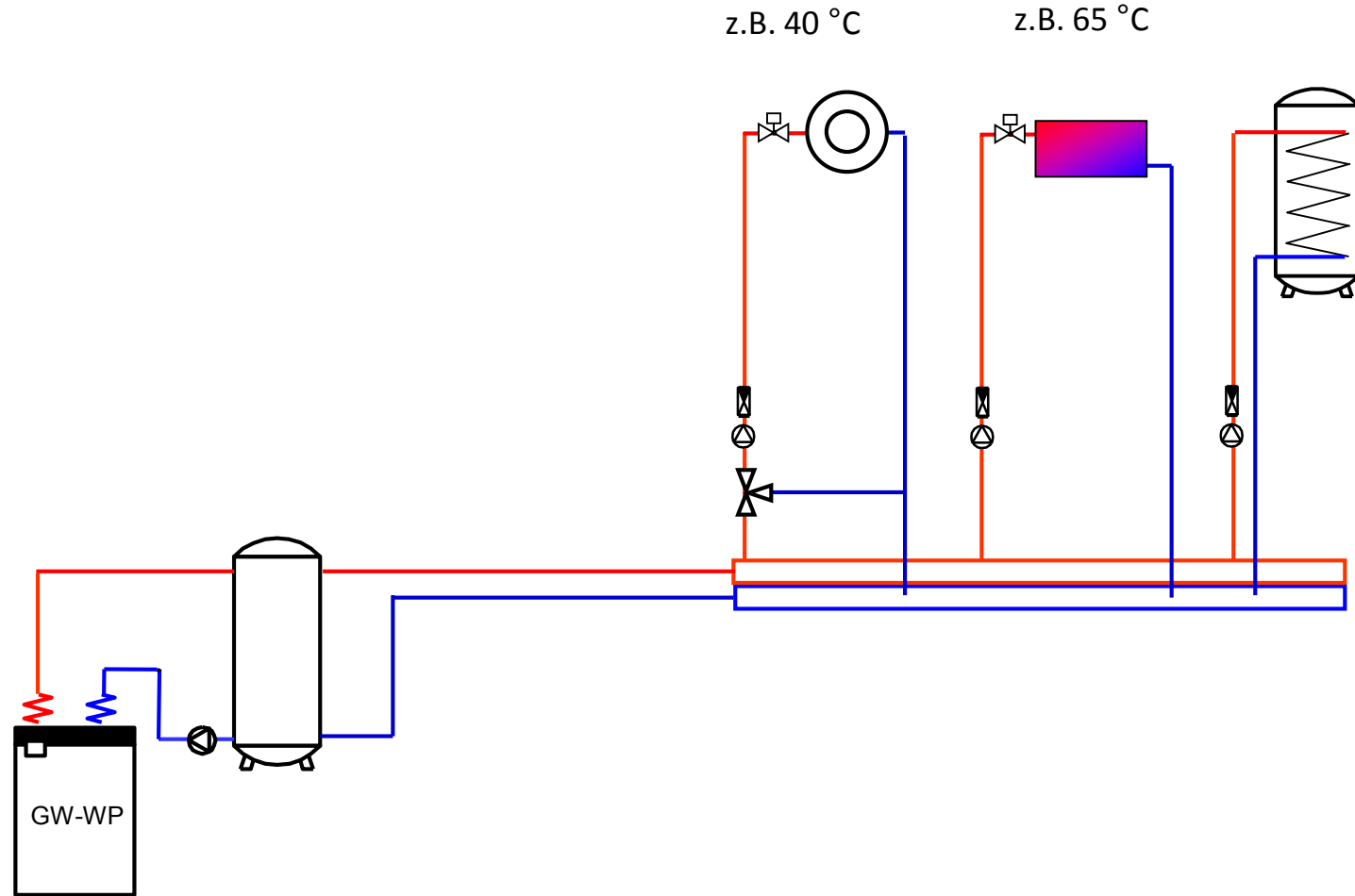
Faustformel:

$$\dot{Q}_{WP}[\text{kW}] = \text{Verbrauch[l/a]} / 250 \dots 300$$

Planungsablauf bei der Sanierung von Öl- und Gasheizungen mit Wärmepumpe

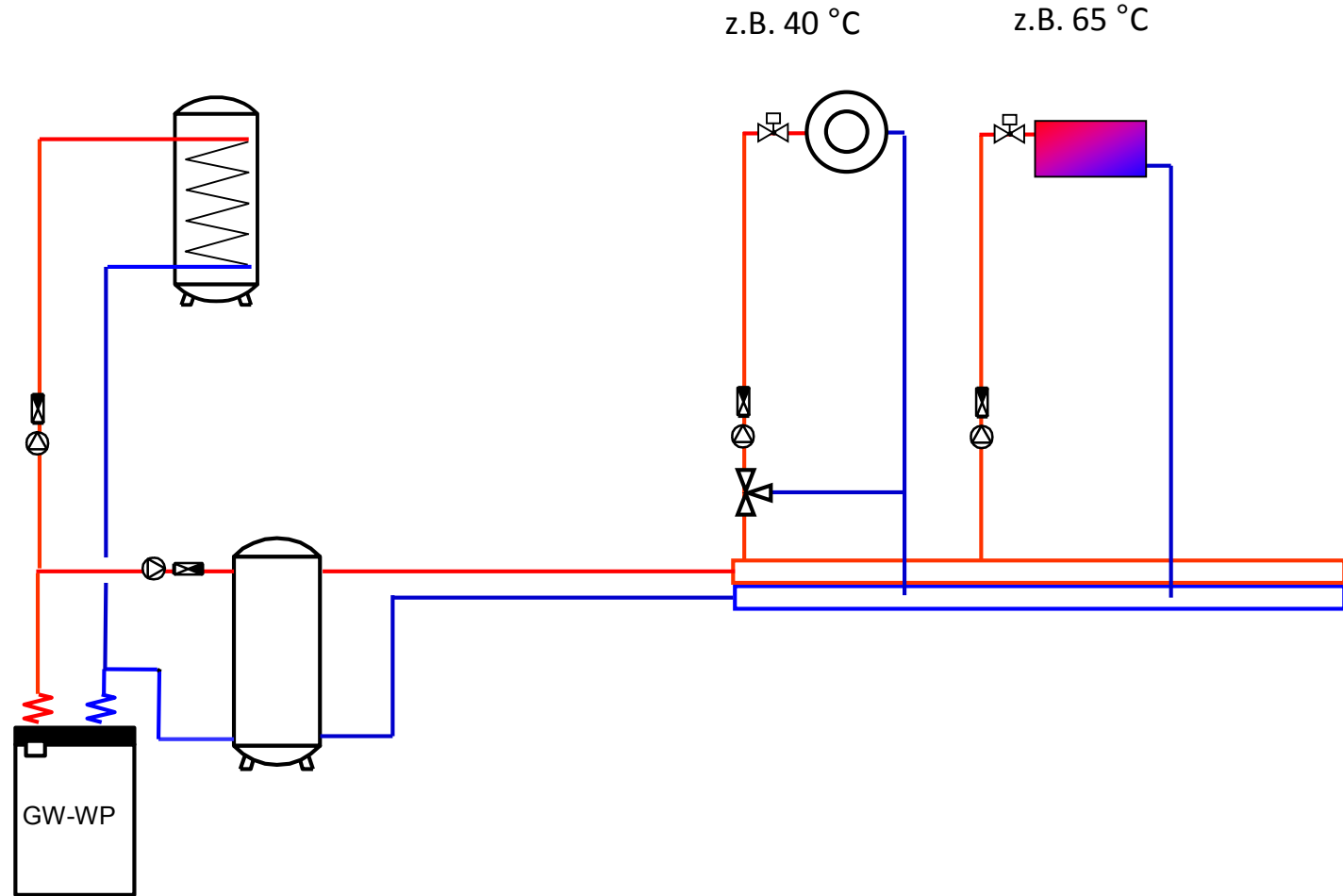


Planungsablauf bei der Sanierung von Öl- und Gasheizungen mit Wärmepumpe



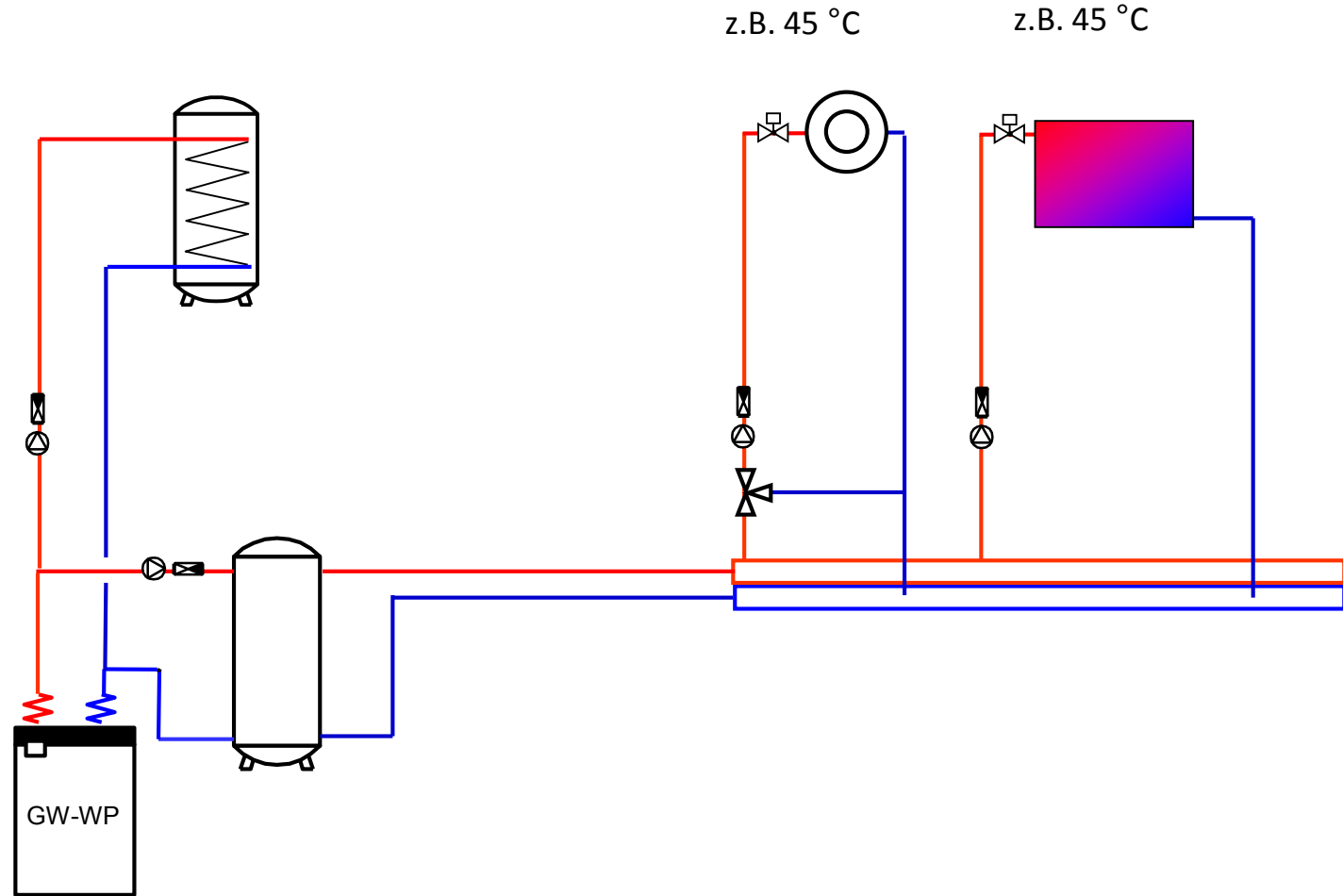
$$\beta = 2,2$$

Planungsablauf bei der Sanierung von Öl- und Gasheizungen mit Wärmepumpe



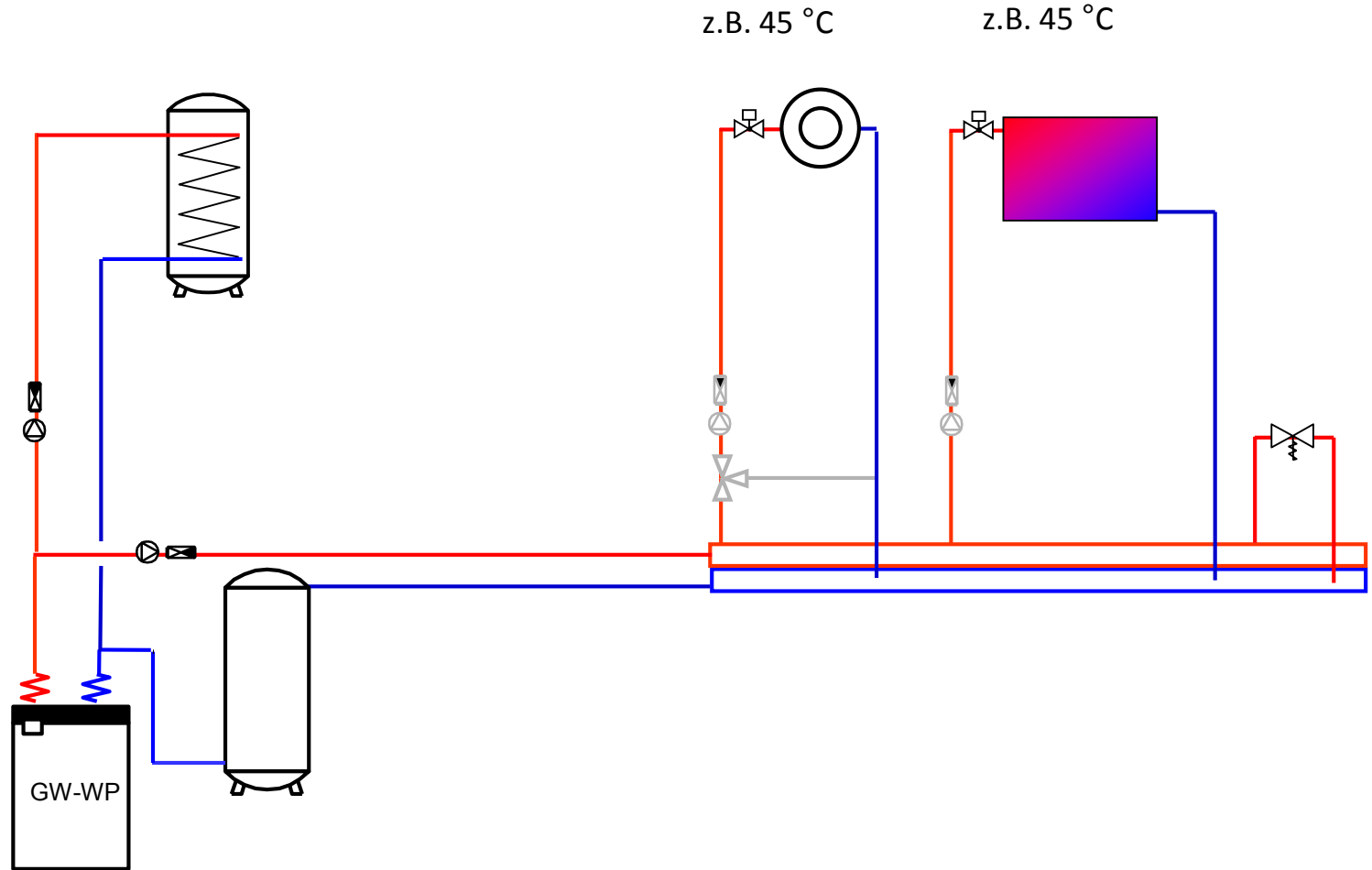
$$\beta = 3,0$$

Planungsablauf bei der Sanierung von Öl- und Gasheizungen mit Wärmepumpe



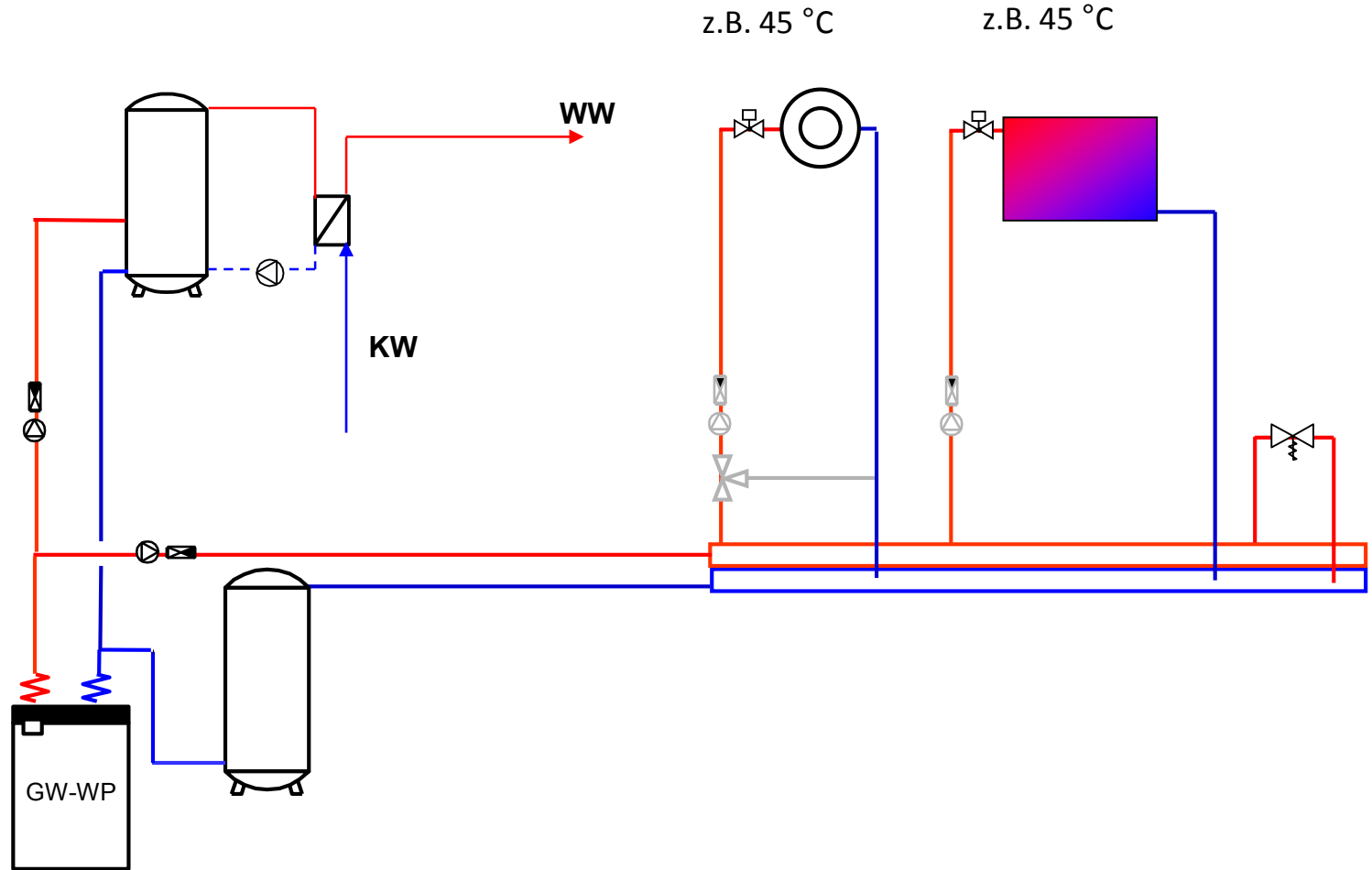
$$\beta = 4,0$$

Planungsablauf bei der Sanierung von Öl- und Gasheizungen mit Wärmepumpe



$$\beta = 4,5$$

Planungsablauf bei der Sanierung von Öl- und Gasheizungen mit Wärmepumpe



$$\beta = 4,7$$

1. Bei gute Planung sind Wärmepumpenanlagen zum Heizen und Kühlen fossil betriebenen Heizsystemen überlegen
2. Eine gute Projektierung ist wichtiger als ein High-End-Kältekreislauf
3. Die höchste Arbeitszahl wird mit einfachen durchdachten Anlagen erreicht
4. Im Zweifelsfall lieber die einfachere Anlage und (theoretisch) etwas mehr Energie verbrauchen