



# Effiziente Wärmepumpen im Gebäudebestand – eine lohnende Investition für Mensch und Umwelt

Dr.-Ing. Kai Schiefelbein  
Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

## BDH

Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.



**BDH**

Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

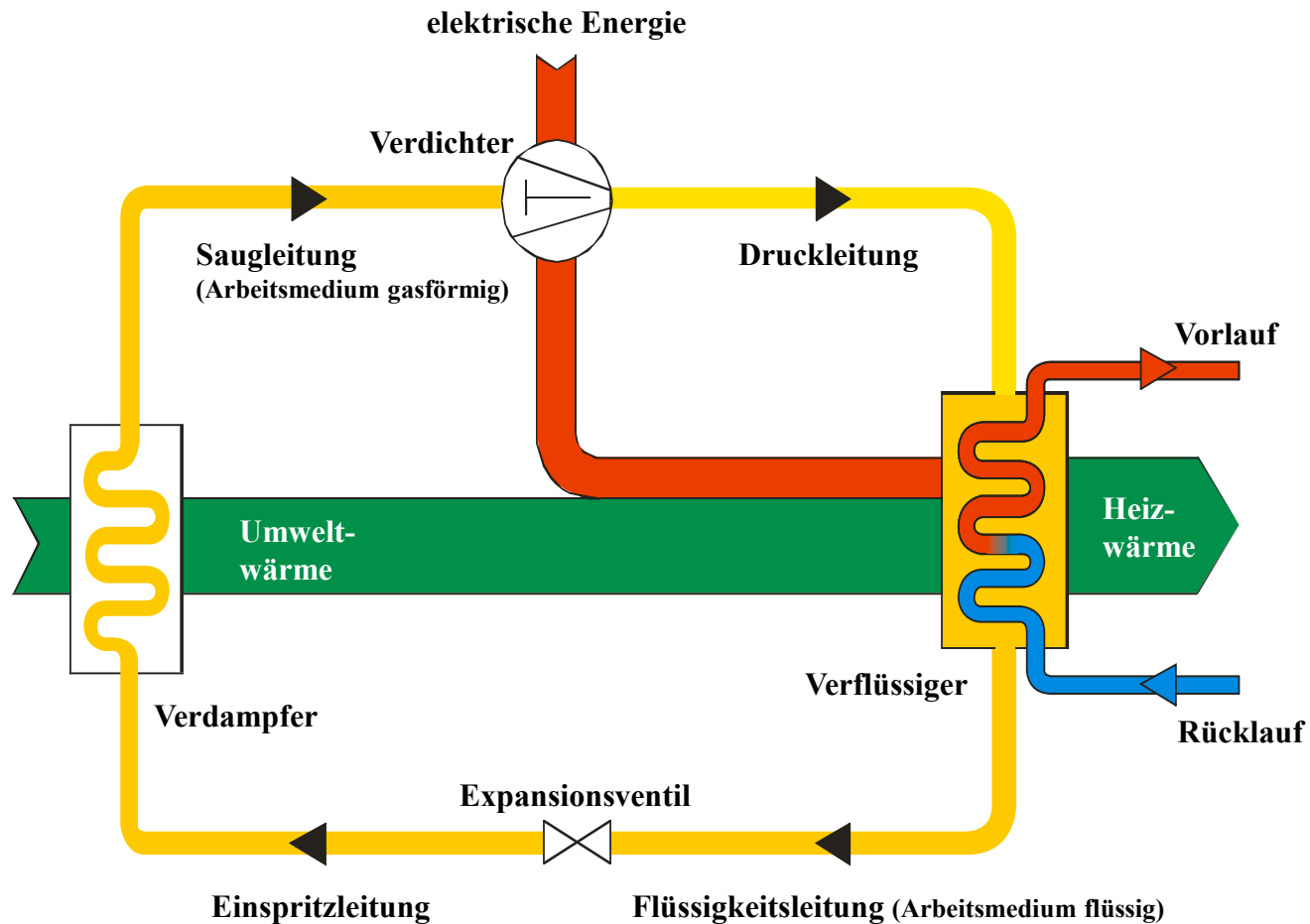
**ISH**



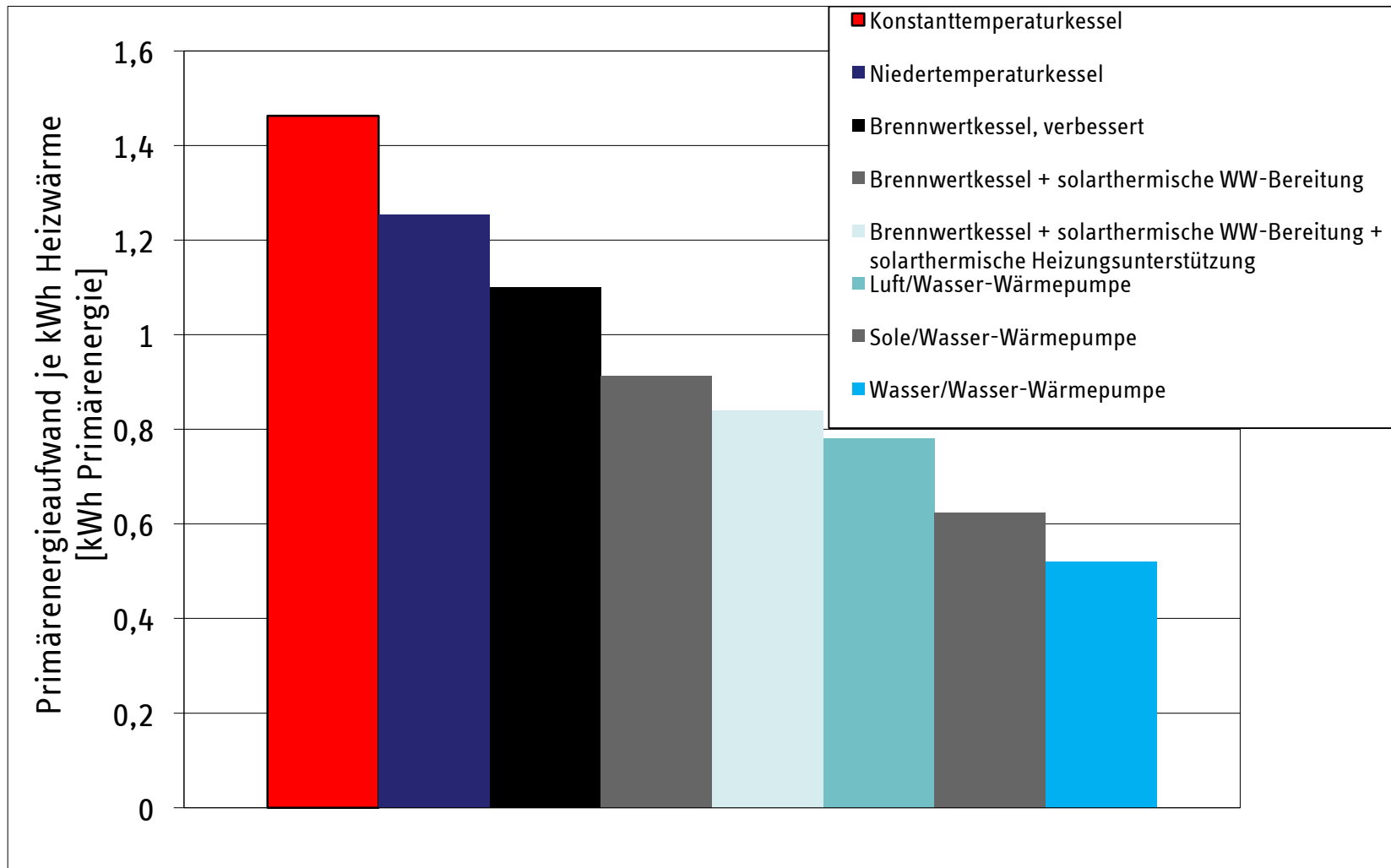
## Agenda

- Funktionsweise der Wärmepumpe
- Ökologischer Nutzen der Wärmepumpe
- Wärmequellen für Wärmepumpen
- Wärmeübergabe in Verbindung mit Wärmepumpen
- Besonderheiten großer Wärmepumpenanlagen
- Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden
- Zusammenfassung

# Funktionsprinzip einer Wärmepumpe

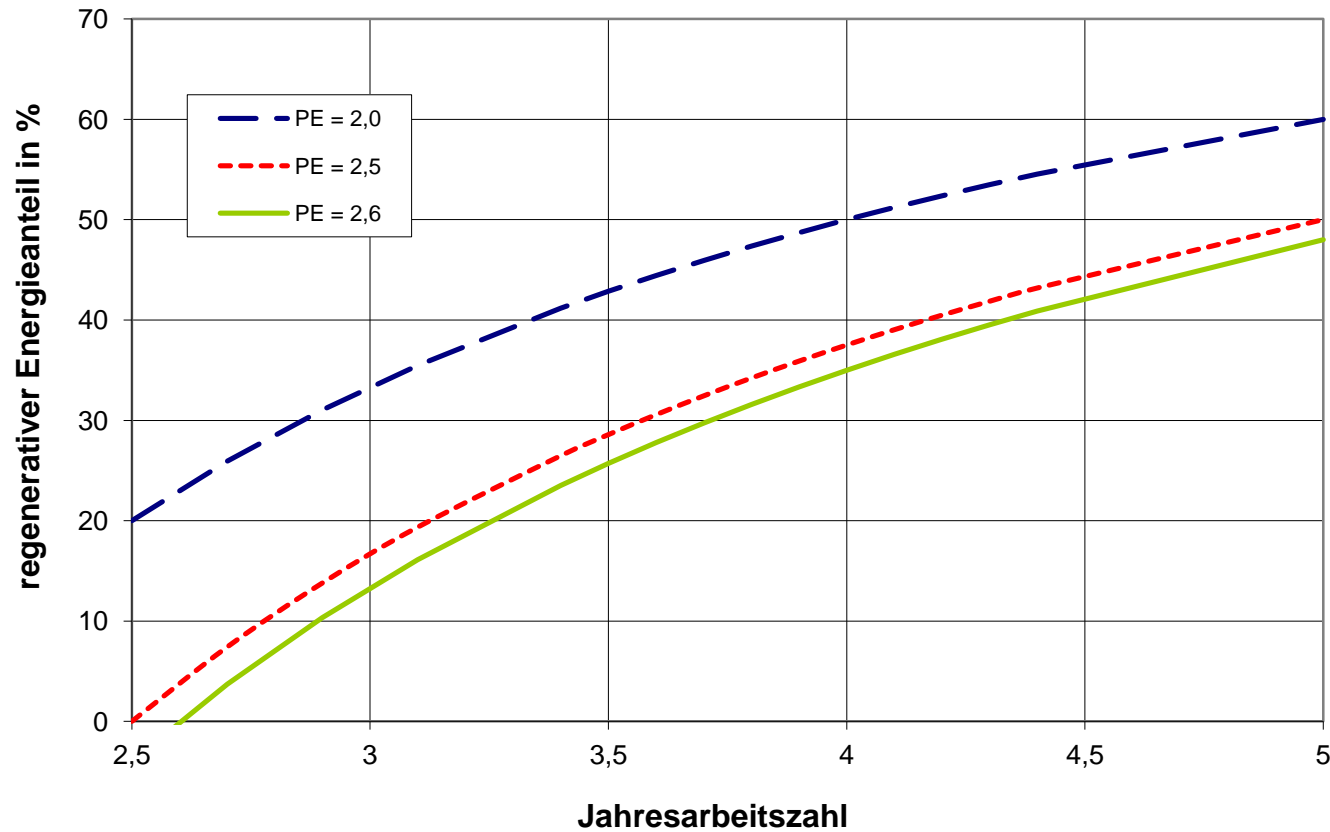


# Primärenergieaufwand für 1 kWh Heizwärme





# Regenerativer Energieanteil von Wärmepumpen in Abhängigkeit der Jahresarbeitszahl



Bezogen auf Erdgas (PE=1,1) ist ein Vorteil ab einer Jahresarbeitszahl von 2,46 gegeben.



## → Wärmequellenanlagen für Wärmepumpen – Luft

- Keine besonderen Vorkehrungen für die Wärmequellenanlage bei Luft/Wasser-WP erforderlich.
- Übliche Aufstellarten sind Außenaufstellung, Innenaufstellung und Split-Wärmepumpen
- Außenaufstellung
  - Schallemission ist zu beachten. Am Schlafzimmerfenster des Nachbarn dürfen in reinen Wohngebieten nachts 35 dB(A) Schalldruckpegel nicht überschritten werden.
- Innenaufstellung
  - Relativ große Wanddurchbrüche für die Außenluft erforderlich, Gebäudedichtigkeit muss beachtet werden.
  - Kondensatabfuhr aus der Wärmepumpe muss gewährleistet sein, meist ist ein Bodenablauf erforderlich.
- Split-Wärmepumpe
  - Installation nur durch ausgebildete Kältetechniker zulässig
  - Jährliche Dichtigkeitskontrolle ab 3 kg Kältemittelfüllmenge erforderlich

# Wärmequelle Erdwärmesonde

## Auslegung / Installation der Erdsonde

→ Grundlage bildet die Kälteleistung der Wärmepumpe im Auslegungspunkt und zu erwartende Vollbenutzungsstunden des Gerätes

→ Bohrtiefe: 75–250m,

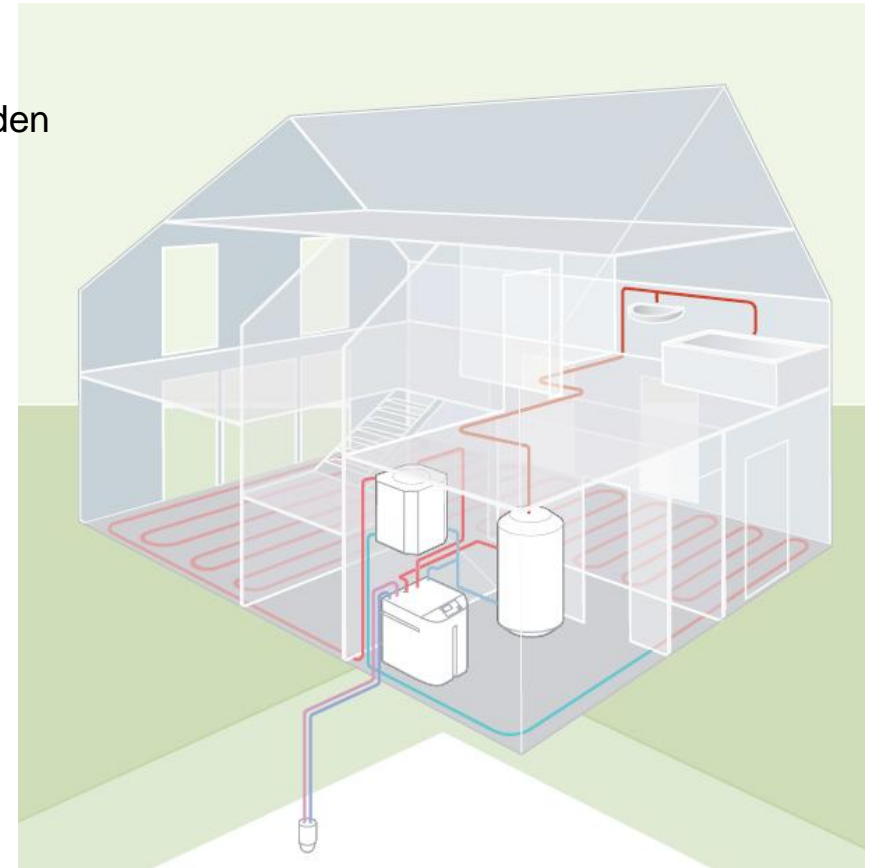
→ Mindestabstand der Sonden 6 m – (10 %\*Länge)

→ Typische Nennweite: PE-HD 25 x 2,3 PN 16 (DN 25)

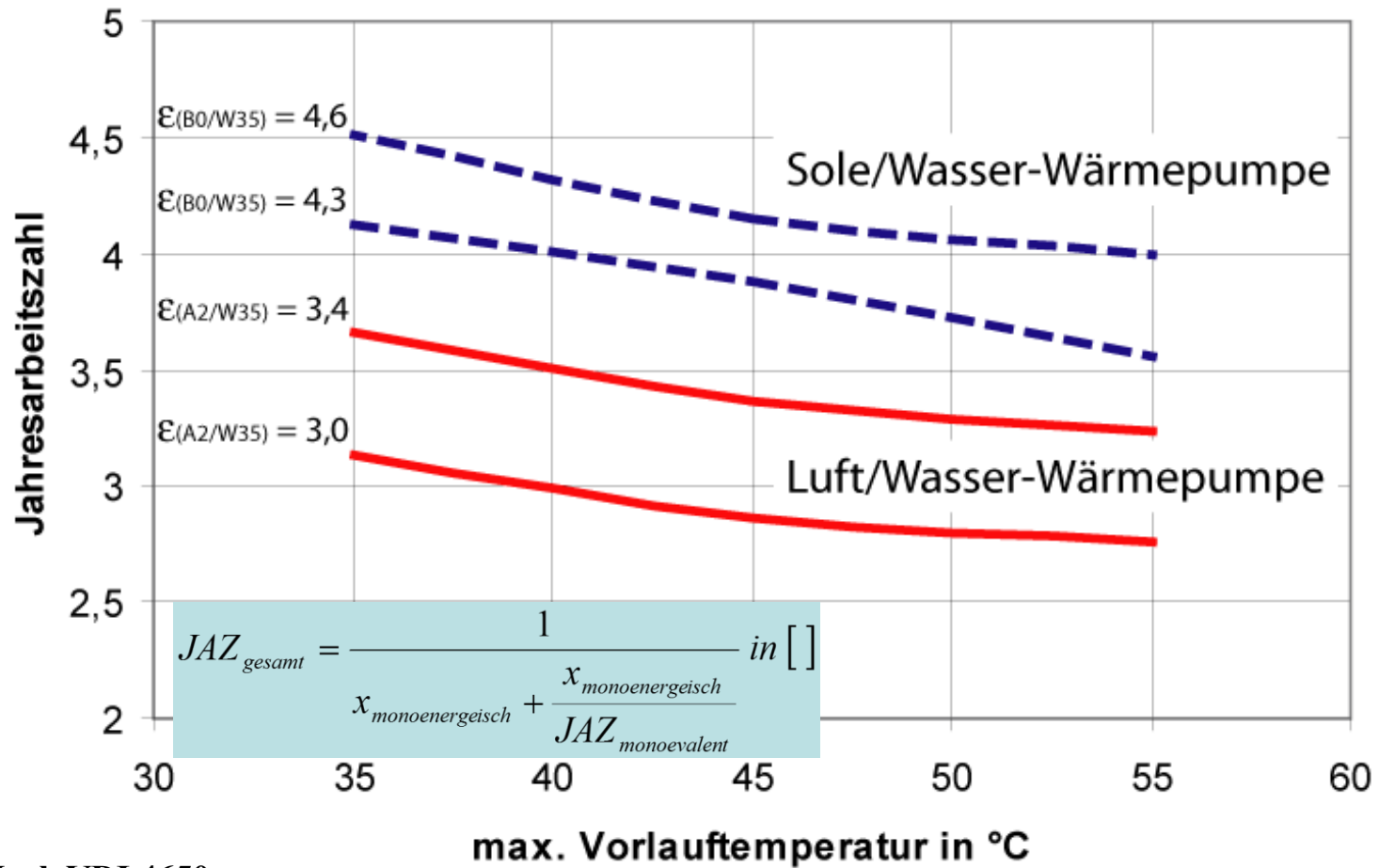
→ VDI 4640 nennt typische Entzugsleistungen

## Bodenart Entzugsleistung

Ohne Angabe der Bodenbeschaffenheit	55 W/m
Schlechter Untergrund, trockene Sedimente	30 W/m
Festgestein mit normalem Untergrund	55 W/m
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit	80 W/m
Untergrund mit hohem Grundwasserfluss	100 W/m



# Abhängigkeiten der Jahresarbeitszahlen

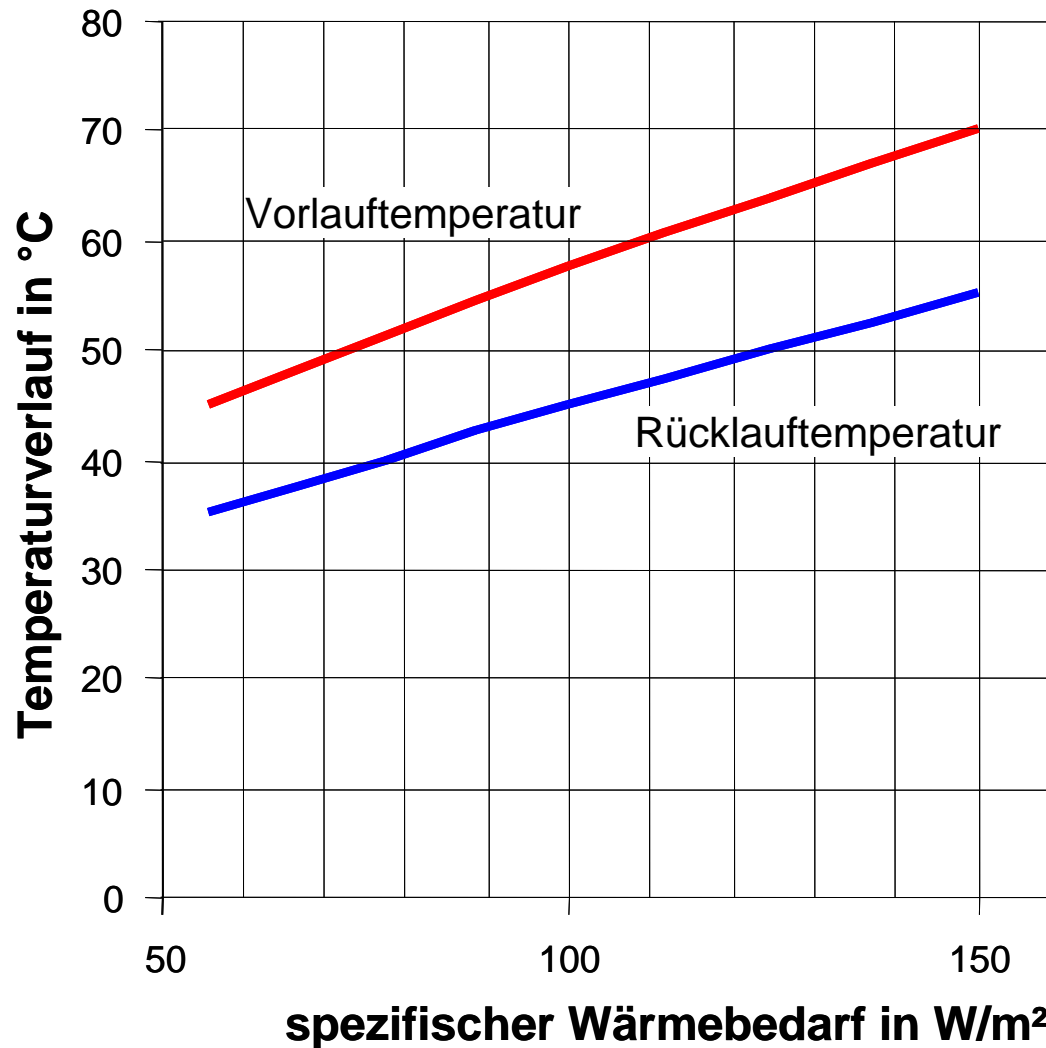


Nach VDI 4650

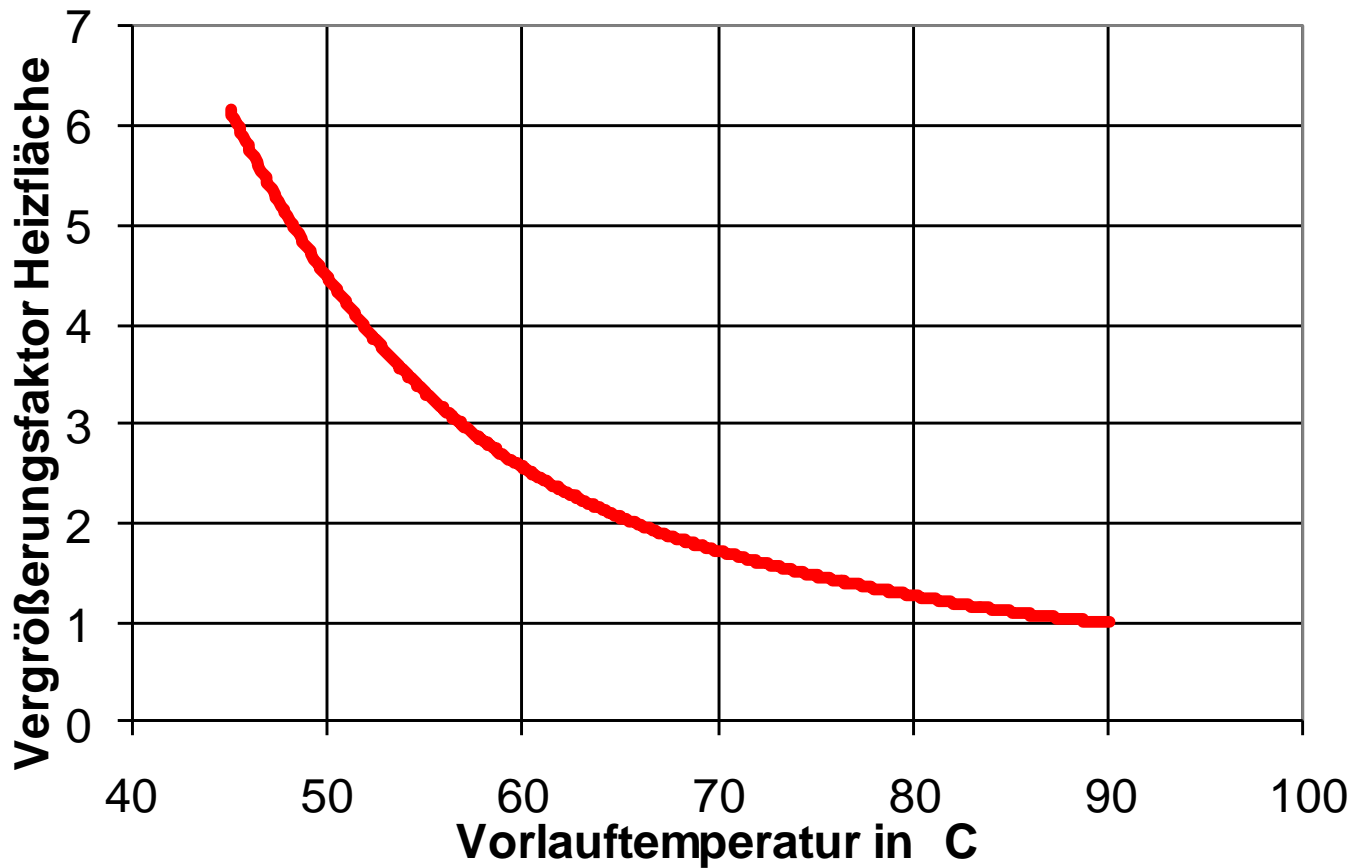




# Systemtemperaturabhängigkeit – Beispiel



# ➤ Heizflächenbedarf und max. Vorlauftemperatur



# Notwendigkeit des hydraulischen Abgleichs

Raum	Heizlast [W]	Heizkörper			Kv [m <sup>3</sup> /h]	Volumen- strom [m <sup>3</sup> /h]	Wärme- leistung [W] 50/40 bzw. 50/32,5
		Typ	Höhe [mm]	Länge [mm]			
Eltern, 10 m <sup>2</sup>	660	33	500	800	0,13	0,058	681
Kind, 20 m <sup>2</sup>	1450	33	500	1800	0,29	0,132	1534
Kind, 20 m <sup>2</sup>	1450	33	500	1800	<b>0,13</b>	<b>0,058</b>	<b>1160</b>

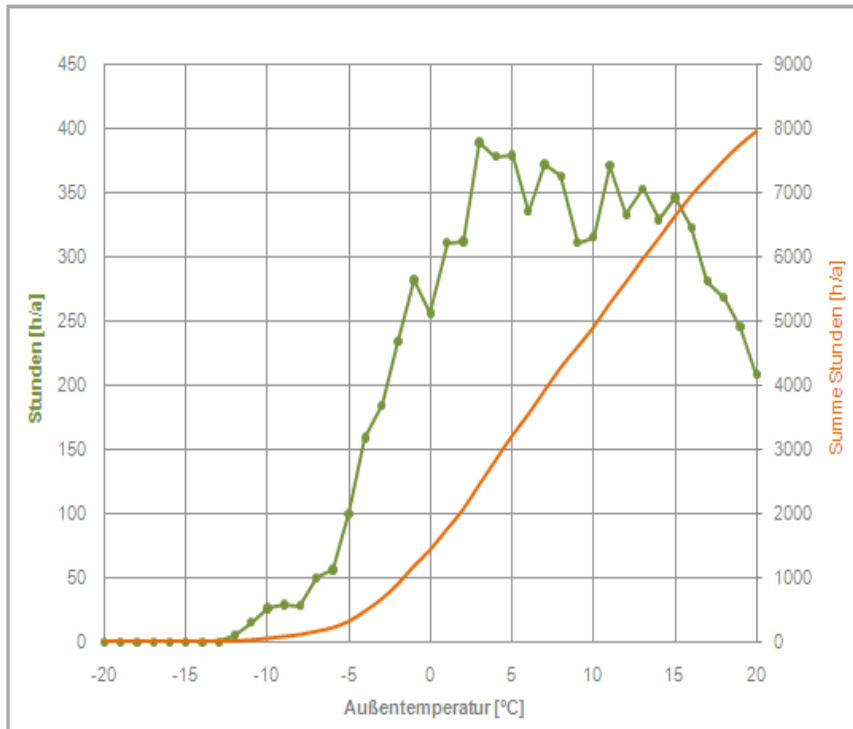


## ➤ Besonderheiten großer Wärmepumpenanlagen

- ➔ Bei großen Wärmepumpenanlagen ist ein bivalenter Betrieb häufig wirtschaftlich.
- ➔ Ein sinnvoller Anteil der Heizleistung der WP an der Heizlast kann zwischen 33 % u. 75 % liegen, so dass der Anteil an der Jahresheizarbeit zwischen 60 % und 90 % beträgt.
- ➔ Üblicherweise bewegt man sich bei Luft/Wasser-WP im Geschosswohnungsbau, sofern die Wärmeübergabe über Radiatoren realisiert wird, eher an der unteren Grenze des Heizleistungsanteils der WP.



# Besonderheiten großer Wärmepumpenanlagen – Betriebsarten



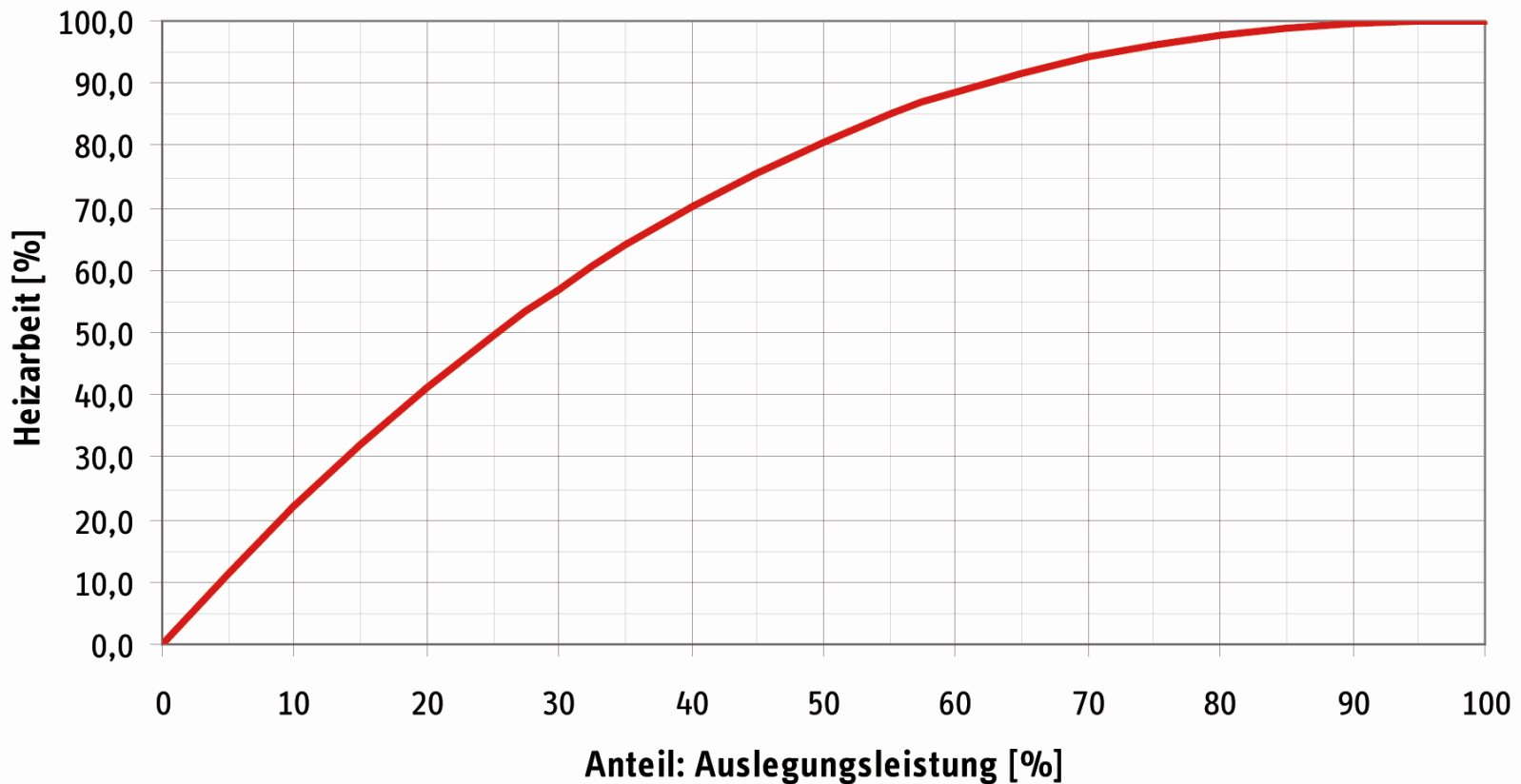
Deutschland | Würzburg (Wetterstation: Würzburg)  
Klimadaten Meteonorm 6.1 (gemittelt 1996-2005)

- Stunden pro Jahr bei Außentemperatur
- Summe Stunden pro Jahr mit Temperaturen < Außentemperatur

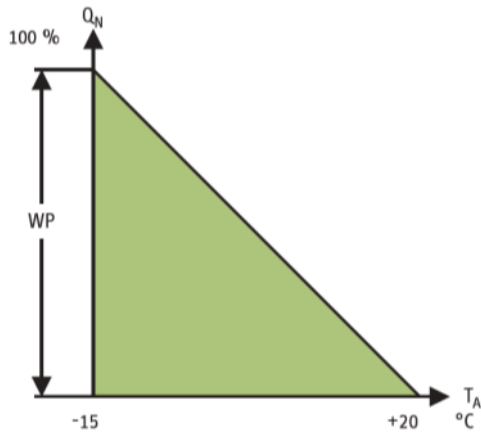


# Besonderheiten großer Wärmepumpenanlagen – Betriebsarten

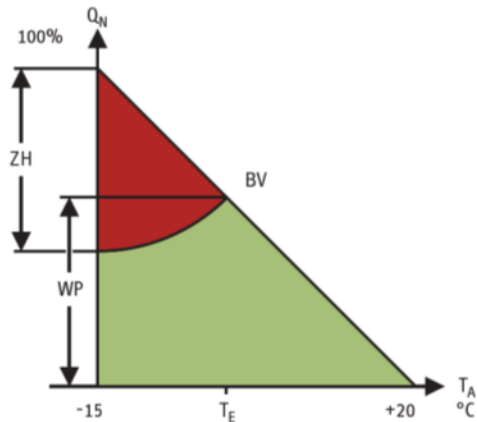
Heizarbeit bivalenter Anlagen  
(nur Raumheizung, Modalsplit, Vorlauftemperatur < max.)



# ➤ Besonderheiten großer Wärmepumpenanlagen – Betriebsarten



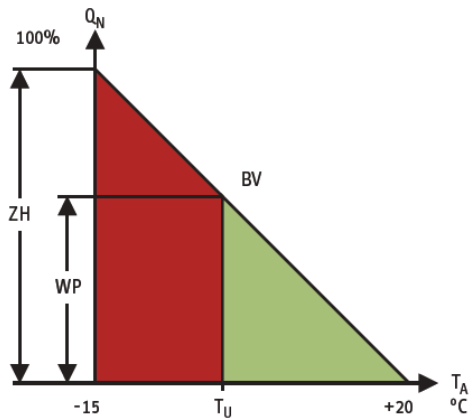
- ➔ **Heizleistung größer/gleich der Norm-Gebäudeheizlast**
- ➔ Einsatzgrenzen der Wärmepumpe entsprechen den Anforderungen des Gebäudes
- ➔ Vorteil: Ein Wärmeerzeuger



- ➔ **Heizleistung kleiner als die Norm-Gebäudeheizlast**
- ➔ Nachteil: Komplexität der Anlage nimmt zu
- ➔ Möglicher Nachteil: Zwei Wärmeerzeuger mit entsprechenden betriebsgebundenen Kosten und Platzbedarf



# ➤ Besonderheiten großer Wärmepumpenanlagen – Betriebsarten



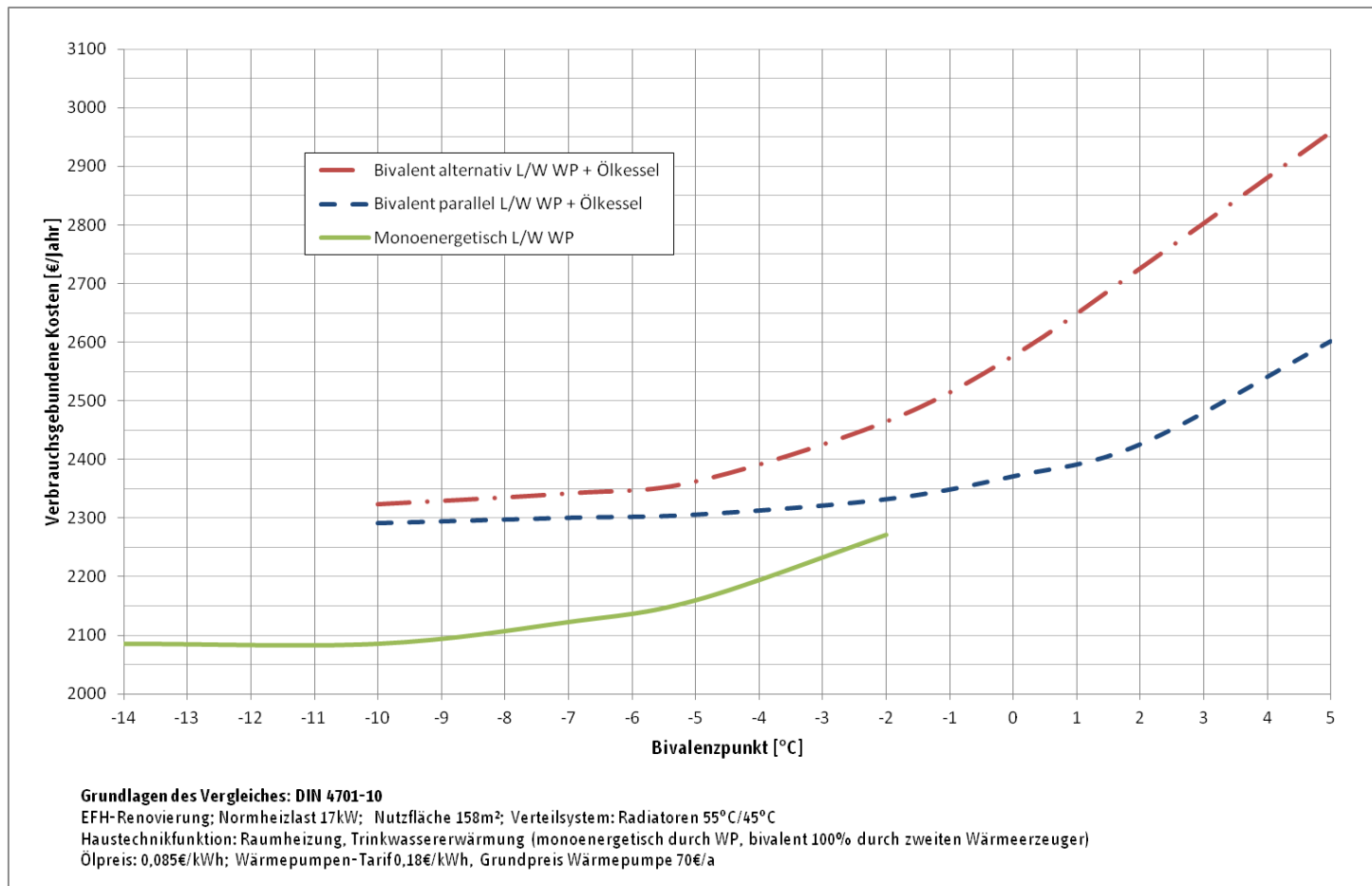
- **Heizleistung kleiner als die Norm-Gebäudeheizlast**
- Einsatzgrenzen der Wärmepumpe werden überschritten (z.B. Vorlauftemperatur)
- Nachteil: Zweiter Wärmeerzeuger mit entsprechenden Kosten, dazu zwingend auf die Gebäude-Normheizlast ausgelegt





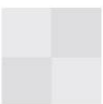
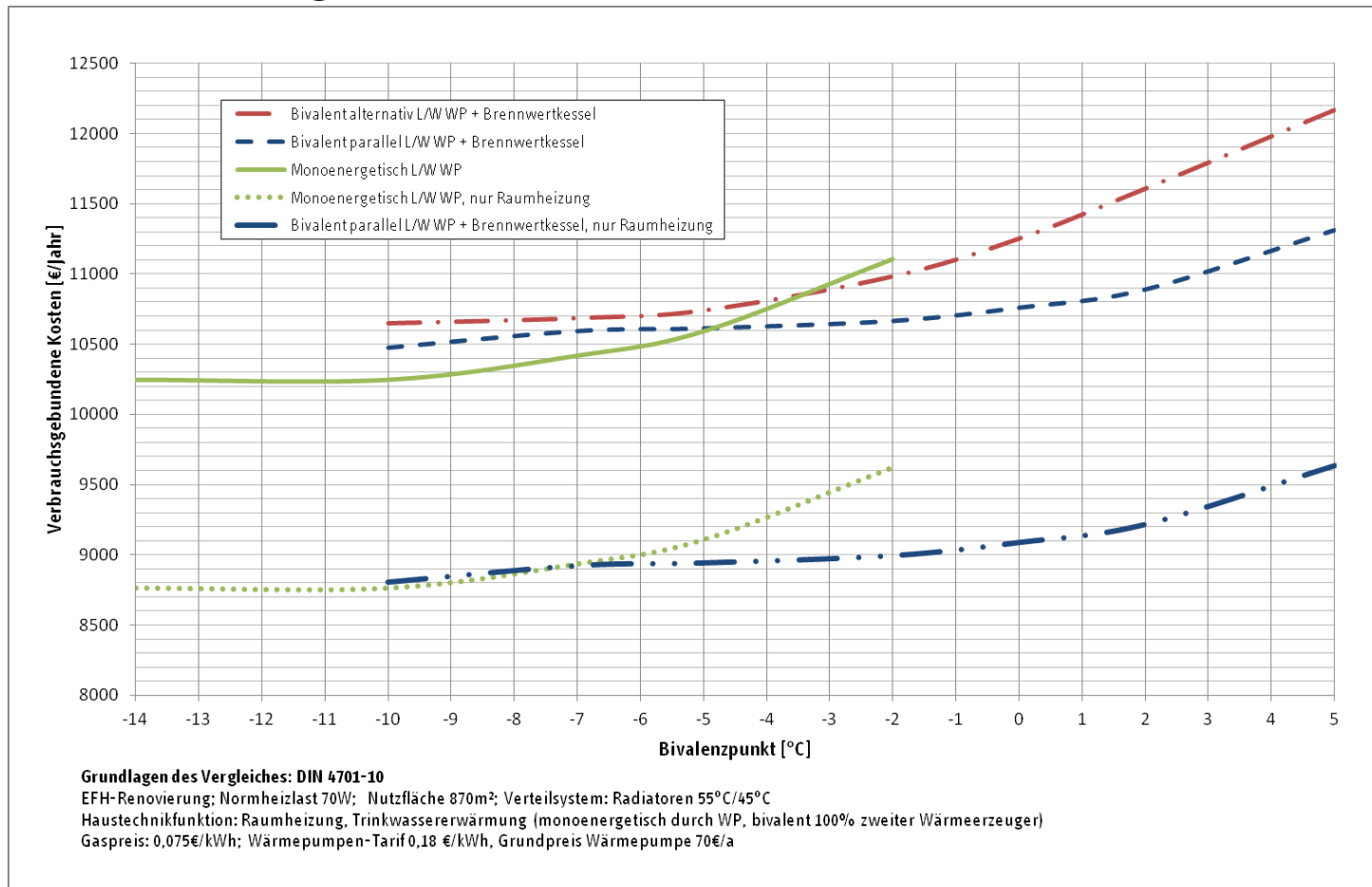
# Auswirkungen Bivalenter Betrieb auf den Bestand – Ein-/Zweifamilienhaus

## Verbrauchsgebundene Kosten



# Auswirkungen Bivalenter Betrieb auf den Bestand – Mehrfamilienhaus

## Verbrauchsgebundene Kosten



# ➤ Auswirkungen Bivalenter Betrieb auf den Bestand – Mehrfamilienhaus

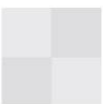
- Kapitalgebundene Kosten
  - Bei größeren Wärmepumpenanlagen öffnet sich die Investitions-Kostenschere zwischen bspw. einer reinen Kessel- und einer reinen WP-Anlage mit zunehmender Heizleistung.
  - Die Wärmequelle wird anteilmäßig teurer und dominiert je nach Quelle die Investitionskosten.
  - Die Kombination mit einem Spitzenlastkessel wird wirtschaftlich und interessant.



## ➤ Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden



- Baujahr: 1981
- 152,4 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- zentrale Ölheizung, wasserführendes Radiatorensystem
- Zentrale Warmwasserbereitung, beheizt durch den Ölkessel



# Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

An der Gebäudehülle wurden zwei Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt. Der Jahresheizwärmebedarf wurde um 17 % reduziert.

Die Systemtemperaturen wurden auf ein für Wärmepumpen nutzbares Niveau gesenkt.

U-Werte Gebäude		Vorher (1984)	Nachher
Außenwände	W/m <sup>2</sup> K	0,67	
Bodenplatte / Keller	W/m <sup>2</sup> K	0,69	
Dach	W/m <sup>2</sup> K	0,48	0,22
Fenster	W/m <sup>2</sup> K	2,50	1,30
Jahresheizwärmebedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	124,97	103,37

## Konzept 1

Brennwert-Ölkessel  
 Thermische Solaranlage  
 Solar-Warmwasserspeicher 300 l

## Konzept 2

Luft/Wasser Wärmepumpe  
 Pufferspeicher 400 l  
 Warmwasserspeicher 400 l

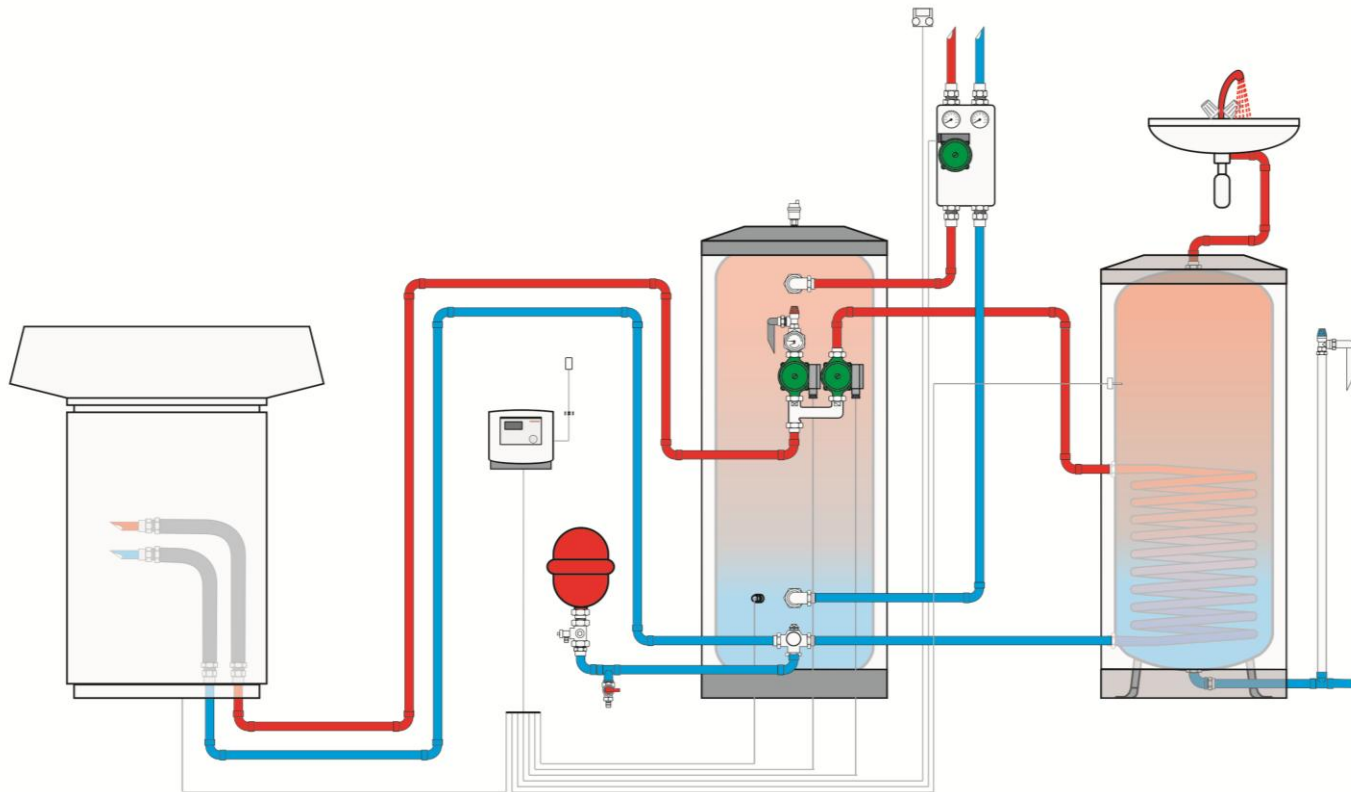
## Konzept 3

Sole/Wasser Wärmepumpe  
 Warmwasserspeicher 400 l  
 Pufferspeicher 200 l



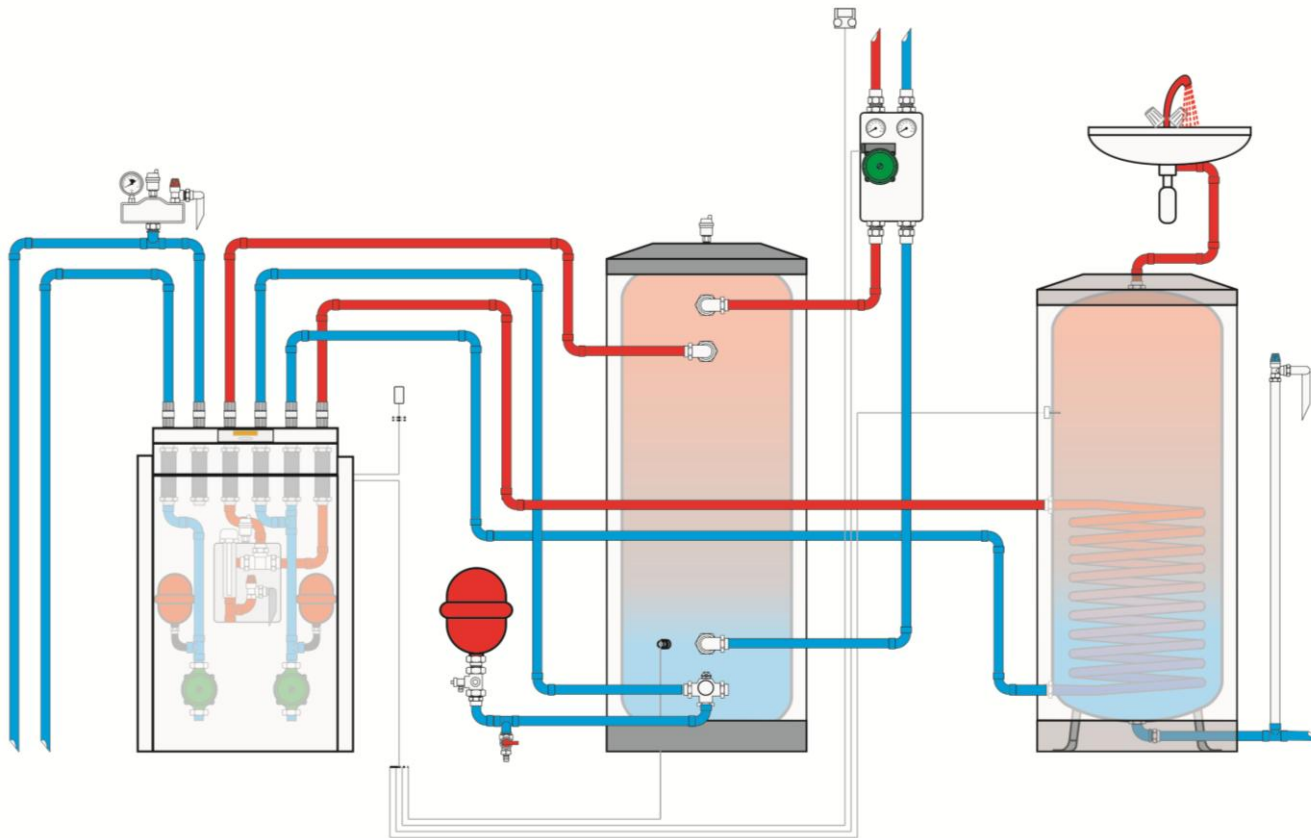
# Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

## Konzept 2 – Luft/Wasser Wärmepumpe



# Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

## Konzept 3 – Sole/Wasser Wärmepumpe



# Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

## Grundlagen des Vergleichs

<b>Randbedingungen</b>	Radiatorenheizung, Vor-/Rücklauf in °C		55/45		<b>Energiepreise</b>	Strom Haushalt		25,00 Ct/kWh		<b>Hausdaten / Zinsen</b>	Einfamilienhaus			
	Normwärmebedarf in kW		14,5			Strom					Wohnfläche A <sub>N</sub> [m <sup>2</sup> ]	152		
						WP-Mischtarif		19,00 Ct/kWh			Standzeit	20 Jahre		
						Heizöl		8,50 Ct/kWh			Zinsen	4,00 %		
	spezifischer Jahres-Heizwärmebedarf in kWh/m <sup>2</sup> a		103			Erdgas		7,50 Ct/kWh			Preissteigerung I	2,00 %		
		Heizöl	Erdgas	Pellet		Strom					Preissteigerung II	5,00 %		
	PE-Faktor	1,1	1,1	0,2		2,7					Annuität	0,0736		
	CO <sub>2</sub> -Faktor	0,315	0,230	0,031		0,613					WW nach EnEV	12,5 kWh/m <sup>2</sup> a		

### Heizungssysteme inkl. Warmwasserbereitung bei Bestandsgebäuden

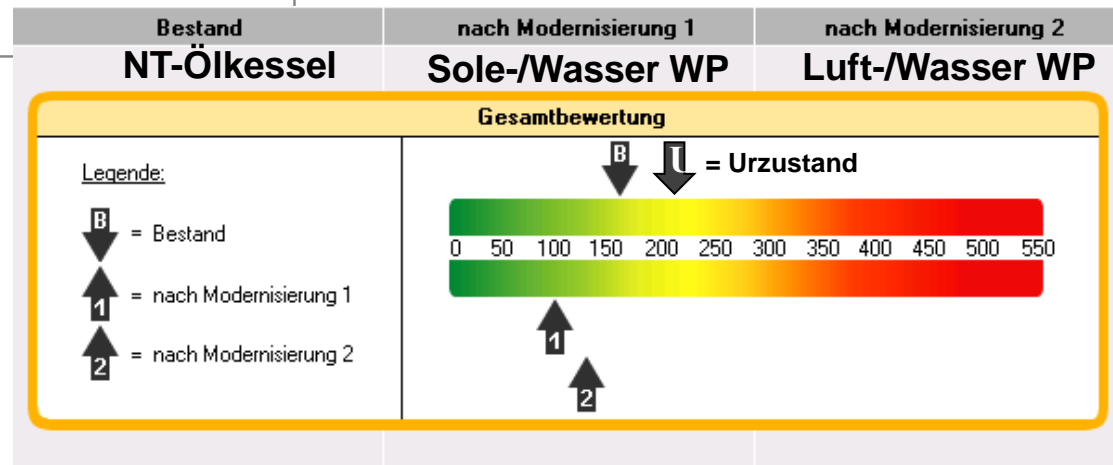
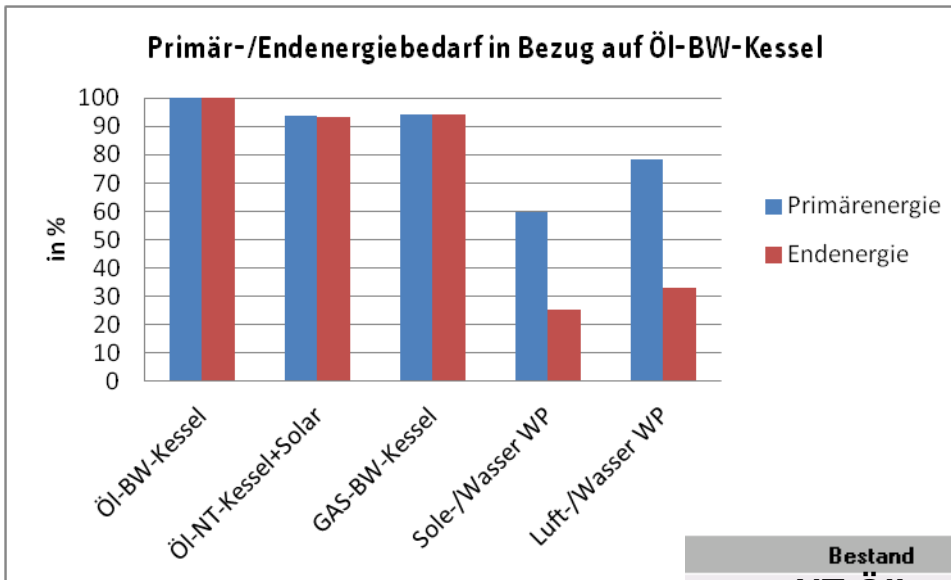
			Heizöl		Erdgas	Strom	
				Konzept 1		Konzept 2	Konzept 3
			Öl-BW-Kessel + indirekt beh. Speicher	Öl-NT-Kessel + Solar für die WW-Bereitung	Gas-BW-Gerät + indirekt beh. Speicher	Sole/Wasser Wärmepumpe + indirekt beh. Speicher	Luft/Wasser- Wärmepumpe + indirekt beh. Speicher
<b>Bedarfswerte</b>	Primärenergiebedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	158,7	149,1	149,8	94,7	124,0
	Endenergiebedarf	kWh/m <sup>2</sup> a	138,7	129,5	130,7	35,1	45,9
	Anlagenaufwandszahl		1,37	1,29	1,30	0,91	1,19
	Jahreswärmebedarf (Heizen)	kWh/a	15.656	15.656	15.656	15.656	15.656
	Jahreswärmebedarf (Warmwasser)	kWh/a	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900
	Jahresenergiebedarf (Heizen)	kWh/a	18.024	16.792	16.968	4.090	5.780
	Jahresenergiebedarf (Warmwasser)	kWh/a	2.489	2.319	2.344	565	798
	Jahresenergiebedarf Haushalt/Hilfsenergie	kWh/a	572	573	550	679	402





# Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

## Primär- und Endenergie



# Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

## Verbrauchs-/Investitions-/Betriebskosten

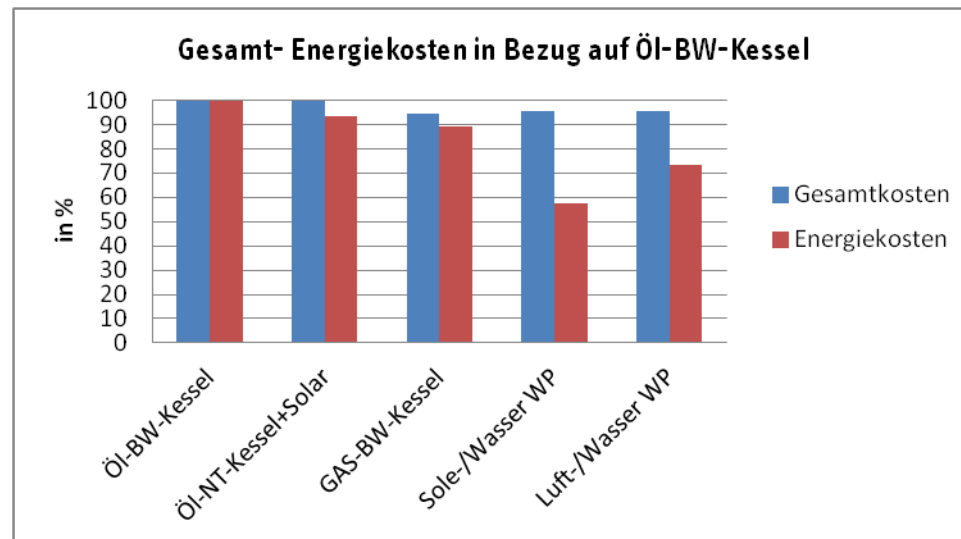
			Heizöl		Erdgas	Strom	
				Konzept 1		Konzept 2	Konzept 3
			Öl-BW-Kessel + indirekt beh. Speicher	Öl-NT-Kessel + Solar für die WW-Bereitung	Gas-BW-Gerät + indirekt beh. Speicher	Sole/Wasser Wärmepumpe + indirekt beh. Speicher	Luft/Wasser- Wärmepumpe + indirekt beh. Speicher
Energiekosten	Energiekosten für Heizen/Warmwasser	€/a	1.744	1.624	1.448	884	1.250
	Energiekosten für Haushalt/Hilfsenergie	€/a	143	143	138	170	101
	Festkosten/Zähler/Grundpreis	€/a	-	-	132	58	58
	Zinskosten für gelagerte Brennstoffe	€/a	40	28	-	-	-
	<b>Energiekosten gesamt</b>	<b>€/a</b>	<b>1.927</b>	<b>1.796</b>	<b>1.718</b>	<b>1.112</b>	<b>1.408</b>
Investitionen	Wärmerzeuger + Regelung/WQA/Installation	€	7.500	12.700	6.700	10.500	17.600
	Heizflächen inkl. Leitungssystem	€	-	-	-	-	-
	Hausanschluss	€	-	-	1.700	-	-
	Abgasanlage/sonst. Baukosten	€	-	1.000	1.000	13.500	500
	Heizöl-/Pelletlagerung	€	-	-	-	-	-
	Förderbeträge MAP	€	-	-	-	3.660	1.800
<b>Investitionskosten gesamt</b>	<b>€</b>	<b>7.500</b>	<b>13.700</b>	<b>9.400</b>	<b>20.340</b>	<b>16.300</b>	
Betriebs-/Kapital Kosten	Mittlere Nutzungsdauer	Jahre	20	20	20	20	20
	Mittlere Annuität		0,0736	0,0736	0,0736	0,0736	0,0736
	<b>Kapitalgebundene Kosten</b>	<b>€/a</b>	<b>552</b>	<b>1.008</b>	<b>692</b>	<b>1.497</b>	<b>1.200</b>
	Wartung/Instandhaltung	€/a	320	320	320	190	190
	Schornsteinfeger	€/a	80	80	40	-	-
	Ersatzteile/Reparaturen	€/a	-	-	-	-	-
	Versicherung	€/a	58	58	-	-	-
	<b>Betriebsgebundene Kosten gesamt</b>	<b>€/a</b>	<b>458</b>	<b>458</b>	<b>360</b>	<b>190</b>	<b>190</b>



# Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

## Ergebnisse

			Heizöl		Erdgas	Strom	
				Konzept 1		Konzept 2	Konzept 3
			Öl-BW-Kessel + indirekt beh. Speicher	Öl-NT-Kessel + Solar für die WW-Bereitung	Gas-BW-Gerät + indirekt beh. Speicher	Sole/Wasser Wärmepumpe + indirekt beh. Speicher	Luft/Wasser- Wärmepumpe + indirekt beh. Speicher
Ergebnisse	Gesamtkosten	€/a	2.937	3.262	2.770	2.799	2.798
	Gesamtkosten	€/m²a	19,32	21,46	18,22	18,42	18,41
	Gesamtkosten bezogen auf Öl BW-Kessel	%	100,0	111,1	94,3	95,3	95,3
	Energiekosten bezogen auf Öl BW-Kessel	%	100,0	93,2	89,2	57,7	73,1
	CO <sub>2</sub> -Emission	kg/CO <sub>2</sub> /a	6.812	6.371	4.779	3.270	4.279
	CO <sub>2</sub> -Emission bezogen auf Öl BW-Kessel	%	100,0	93,5	70,1	48,0	62,8
	Endenergiebedarf Heizen/Warmwasser	kWh/a	20.513	19.111	19.312	4.655	6.578
	Endenergiebedarf bezogen a. Öl BW-Kessel	%	100,0	93,2	94,1	22,7	32,1



## Zusammenfassung

- ➔ Wärmepumpen ermöglichen die Nutzung erneuerbarer Energie zur Raumheizung und Warmwasserbereitung.
- ➔ Nur die richtige Wahl der Betriebsweise garantiert einen wirtschaftlichen Betrieb und dies sowohl im Neubau als auch im Bestand.
- ➔ Monovalente Wärmepumpenanlagen sichern das größtmögliche Potential an Heizenergiekosteneinsparung.
- ➔ Die monoenergetische Betriebsweise ist im Ein-/Zwei- Familienhaus ebenfalls sinnvoll. Der Bivalenzpunkt sollte nicht größer  $-5^{\circ}$  C gewählt werden.
- ➔ Die Kombination einer Wärmepumpe mit einem Spitzenlastkessel kann ab einer Norm-Gebäudeheizlast von 30 kW und größer sinnvoll sein.
- ➔ Bivalent-alternative Betriebsweisen sind nicht zu empfehlen.
- ➔ Der Deckungsgrad bei bivalent-parallelem Betrieb sollte 80 %-95 % betragen.
- ➔ Ein gutes hydraulisches und regelungstechnisches Konzept ist Voraussetzung für das Erreichen genannter Deckungsgrade.



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**  
*Thank you for your attention*

→ Dr.-Ing. Kai Schiefelbein  
Bundesindustrieverband Deutschland  
Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V.

→ **BDH**  
[www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)

