

# Erdwärme in der Modernisierung

- 1. Gesetzliche Rahmenbedingungen und Förderungen**
- 2. Geothermie auf dem Prüfstand**
- 3. Anlagenbeispiele mit Betriebserfahrungen und Kostenvergleich**

**Hochschule München**  
Energie- und Gebäudetechnik  
80335 München  
werner.schenk@hm.edu

**Ing.-Büro Prof. W. Schenk**  
83026 Rosenheim  
wpeffizienz.de

# 1. gesetzliche Rahmenbedingungen

## 1.1 EnEV Energieausweis: Pflicht bei Verkauf und Vermietung



Beispiel:

DHH

Bj.: 1984

Gebäudenutzfläche: 256 m<sup>2</sup> (190 m<sup>2</sup> x 1,35)

Gaskessel

Gasverbrauch: 35.000 kWh

### Vergleichswerte Endenergie



Effizienzhaus 40  
MFH Neubau  
EFH Neubau  
EFH energetisch  
gut modernisiert  
Durchschnitt  
Wohngebäudebestand  
MFH energetisch nicht  
wesentlich modernisiert  
EFH energetisch nicht  
wesentlich modernisiert

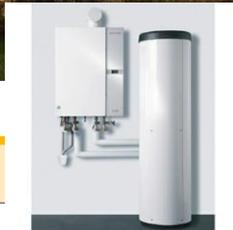
7)

Energieeffizienzklasse	Endenergie [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]
A+	< 30
A	< 50
B	< 75
C	< 100
D	< 130
E	< 160
F	< 200
G	< 250
H	> 250

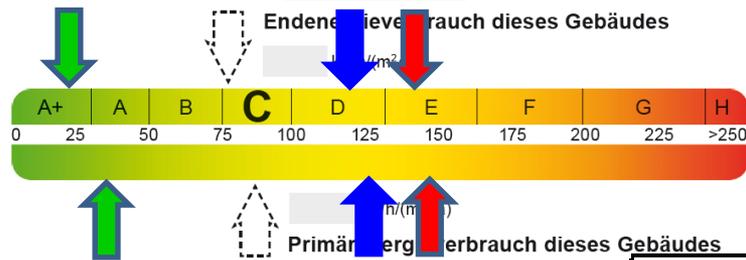
**Welche Note?**

# 1. gesetzliche Rahmenbedingungen

## 1.1 EnEV



Energieverbrauch



Endenergieverbrauch dieses Gebäudes (Pflichtangaben für Immobilienanzeigen)

35.000
28.404
4.764

$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

Wohnfläche	$\text{m}^2$	190
Gebäudenutzfläche	$\text{m}^2$	256,5
Wärmeverbrauch	$\text{kWh}/\text{a}$	26.700
Endenergie		
alter Kessel 76 %	$\text{kWh}/\text{a}$	35.000
neue Therme 94%	$\text{kWh}/\text{a}$	28.404
WP-Strom	$\text{kWh}/\text{a}$	4.764
<b>Energieausweis</b>		
Endenergie:		
alter Kessel 76 %	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	136
neue Therme 94%	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	111
WP	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	19
Primärenergie:		
fp Gas		1,1
fp elektrische Energie		1,8
alter Kessel 76 %	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	150
neue Therme 94%	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	122
WP-Strom	$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	33

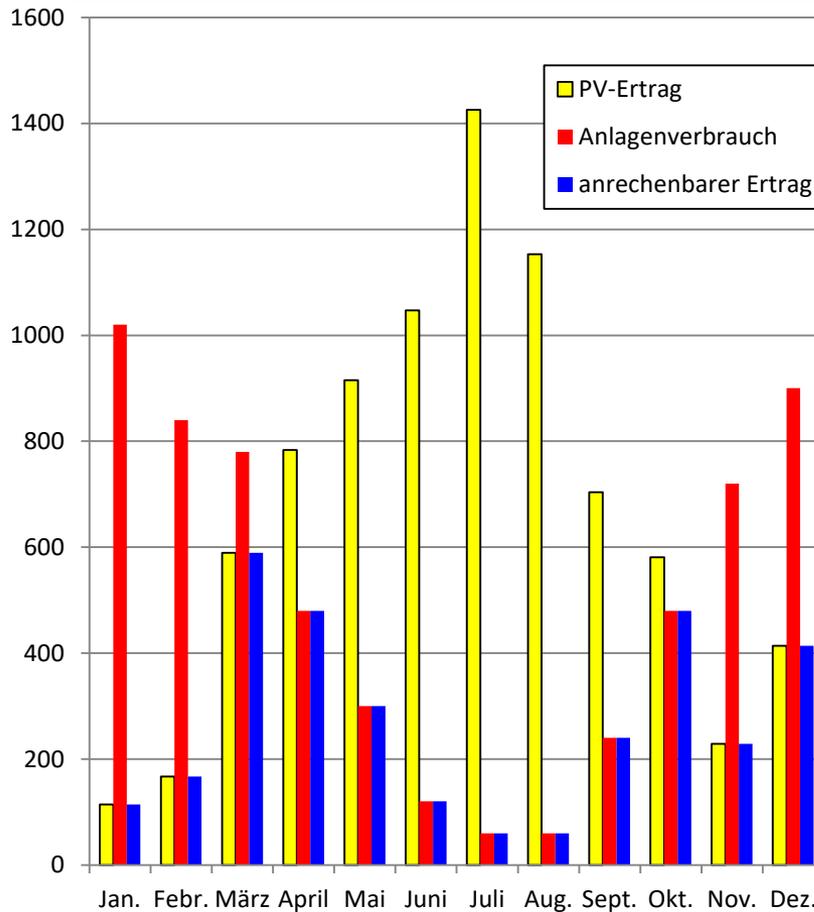
**Alter Gaskessel Gaskessel: E**

**Neue Brennwerttherme: D**

**Neue Wärmepumpe: A+**

# EnEV 2016: Strom aus erneuerbaren Energien wird bei Wärmepumpe angerechnet

Bsp.:  
 EFH 200 m<sup>2</sup>, 4 Personen  
 Stromverbrauch WP: 6.000 kWh/a  
 PV: 8 kW<sub>p</sub>



Monats-  
bilanz-  
verfahren

PV-Ertrag	8.122	kWh/a
Anlagen-verbrauch	6.000	kWh/a
anrechenbarer Ertrag	3.254	kWh/a

**EnEV: Endenergie- und Primärenergieverbrauch sinkt um weitere 50 %**

# 1. gesetzliche Rahmenbedingungen

## 1.2 Produktetikett - ErP-Label: Altanlagen

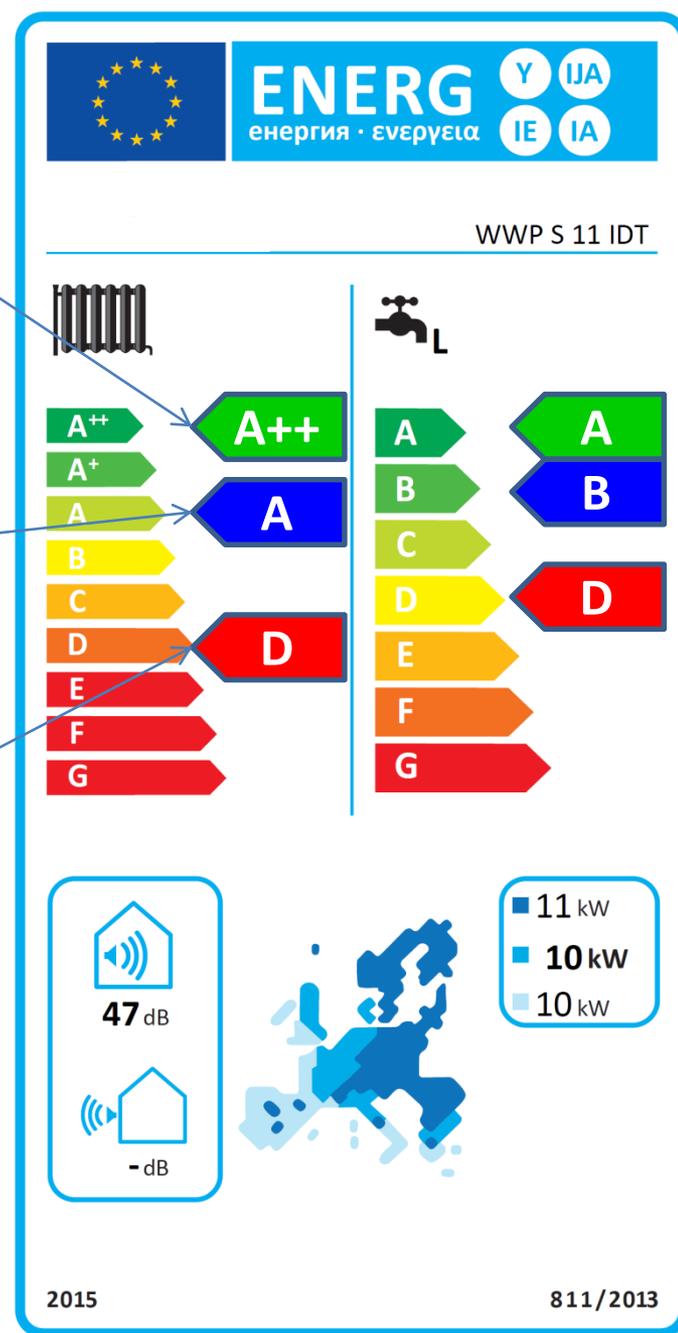


Beispiel:  
DHH  
Bj.: 1984  
Gaskessel 20 kW  
Warmwasserspeicher: 100 l

**Erdreich-Wärmepumpe: A++**

**Gas-Brennwerttherme: A**

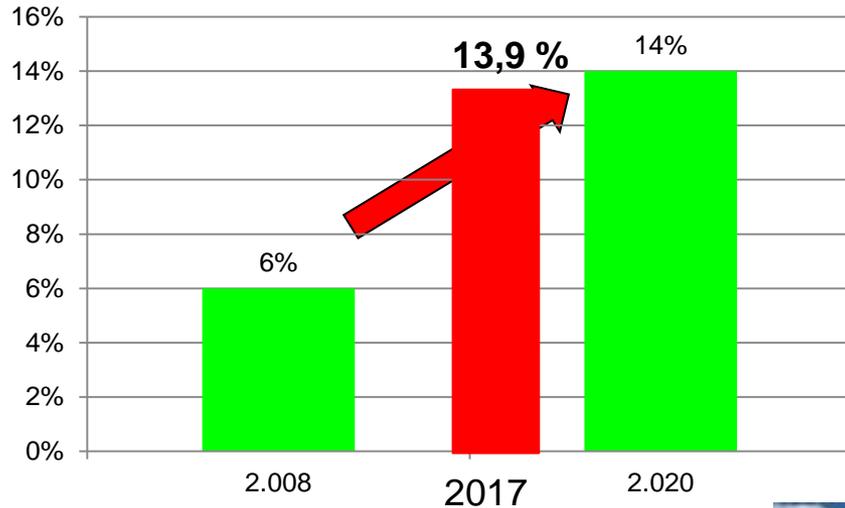
**Gas-Niedertemperatur: D**



# 1. gesetzliche Rahmenbedingungen

## 1.3 Erneuerbare Energien Wärme Gesetz EEWG

### 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

Nichtwohngebäude:

→ DIN V 18599

EDV-Programm:

EnerCalc

Von Uni Wuppertal → EnOP

1. Solarthermische Anlage

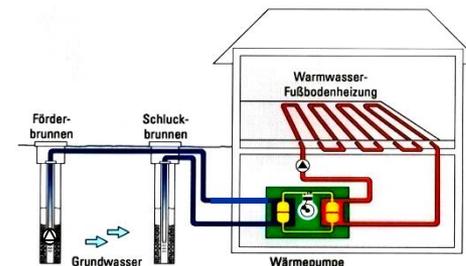


2. Biomasse



3. Geothermie und Umweltwärme

4. Ersatzmaßnahmen



# 1.4 Förderungen MarktAnreizProgramm MAP

Zusätzlich für Gebäudebestand

Maßnahme	Basisförderung <sup>7</sup>	Innovationsförderung <sup>1,7</sup>		Lastmanagement-bonus <sup>3</sup>	Zusatzförderung <sup>2</sup>			Gebäudeeffizienz-bonus <sup>5</sup> z.B. KfW 55	Optimierungsmaßnahme <sup>6</sup>
		Gebäudebestand	Gebäudebestand		Neubau	Solarkollektoranlage, Biomasseanlage	PVT-Kollektoren <sup>4</sup>		
Wärmepumpen (WP) bis 100 kW Nennwärmeleistung	<b><math>\beta = 3,8</math></b>	<b><math>\beta = 4,5</math></b>							
Gasbetriebene Wärmepumpen (gasmotorische WP, SorptionsWP)	→ 100 €/kW Mindestförderbetrag 4.500 € (bis 45,0 kW)	150 €/kW 6.750 € (bis 45,0 kW)	100 €/kW 4.500 € (bis 45,0 kW)					mit Errichtung: 10 % der Nettoinvestitionskosten <sup>6.1</sup> z.B. Heizkörper	
Elektrisch betriebene Luft/Wasser-WP	→ 40 €/kW Mindestförderbetrag bei leistungsgeregelten und/oder monovalenten WP 1.500 € (bis 37,5 kW)	60 €/kW 2.250 € (bis 37,5 kW)	40 €/kW 1.500 € (bis 37,5 kW)					nachträglich (nach 3-7 Jahren): 100 bis max. 200 € <sup>6.2</sup>	
	Mindestförderbetrag bei anderen WP 1.300 € (bis 32,5 kW)	1.950 € (bis 32,5 kW)	1.300 € (bis 32,5 kW)	500 €	500 €	500 €	500 €	zusätzlich 0,5 × Basis- oder Innovationsförderung	
	→ 100 €/kW Mindestförderbetrag bei elektr. Sole-WP mit Erdsondenbohrungen 4.500 € (bis 45,0 kW)	150 €/kW 6.750 € (bis 45,0 kW)	100 €/kW 4.500 € (bis 45,0 kW)					nachträglich (nach 1 Jahr): bis 250 € <sup>6.3</sup>	
Elektrisch betriebene Wasser/Wasser-WP oder Sole/Wasser-WP	Mindestförderbetrag bei anderen WP 4.000 € (bis 40,0 kW)	6.000 € (bis 40,0 kW)	4.000 € (bis 40,0 kW)						

- Es gelten die Bestimmungen der Richtlinien vom 11. März 2015
  - Gebäudebestand: Ein Gebäude, in dem zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der beantragten Anlage seit mehr als zwei Jahren ein anderes Heizungs- oder Kühlsystem installiert ist.
  - Die hier beschriebenen Voraussetzungen sind nicht abschließend. Die vollständigen Fördervoraussetzungen finden Sie auf der BAFA-Homepage unter der Rubrik „Heizen mit Erneuerbaren Energien“.
- 1 Innovationsförderung: Voraussetzung ist eine verbesserte Systemeffizienz oder eine höhere Jahresarbeitszahl (JAZ) der beantragten Wärmepumpe
  - 2 Die verschiedenen Zusatzförderungen können zusätzlich zur Basis- und Innovationsförderung gewährt werden und sind miteinander kumulierbar. Ausnahme: Gebäudeeffizienzbonus und Optimierungsmaßnahme nur im Gebäudebestand.
  - 3 Die Wärmepumpenanlage ist lastmanagementfähig.  
Voraussetzung: Errichtung eines Pufferspeichers mit mind. 30 Ltr./kW und das Zertifikat „Smart Grid Ready“.
  - 4 PVT-Kollektoren und andere nicht förderfähige Solarkollektoranlagen (gilt nicht für reine Photovoltaikanlagen) müssen einen Beitrag als Wärmequelle für die Wärmepumpe leisten. Bruttokollektorfläche mind. 7,0 m<sup>2</sup>.

- 5 Bonus für effiziente Wohngebäude im Gebäudebestand. Voraussetzungen: Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus 55 (d. h. der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissions-wärmeverlust beträgt maximal das 0,7-fache des entsprechenden Wertes des jeweiligen Referenzgebäudes; es gelten die Höchstwerte der EnEV 2013 Anlage 1 Tabelle 2), hydraulischer Abgleich, Anpassung der Heizkurve, Online-Bestätigung eines zugelassenen Sachverständigen.
- 6 Einzelmaßnahmen zur energetischen Optimierung der Heizungsanlage und der Warmwasserbereitung in Bestandsgebäuden.  
6.1 Zusammen mit der Errichtung einer Wärmepumpe. Begrenzung auf höchstens 50 % der Basis- oder Innovationsförderung.  
6.2 Nachträglich nach 3 bis 7 Jahre nach Inbetriebnahme. Begrenzung auf die Höhe der förderfähigen Kosten.  
6.3 Nachträglich nach mind. einem Jahr (Wärmepumpencheck). Begrenzung auf die Höhe der förderfähigen Kosten.
- 7 Anforderungen an die JAZ:

Jahresarbeitszahl	Basisförderung		Innovationsförderung
	Wohngebäude	Nichtwohngebäude	
gasbetriebene WP	1,25	1,3	1,5
elektrische Luft-WP	3,5	3,5	4,5
andere elektrische WP	3,8	4	



Beispiel:  
Erdwärmesonden-  
Wärmepumpenanlage  
Speicher 330 l  
VDI 4650:  $\beta = 3,8$   
 $\beta = 4,5$



Basisförderung: 4.500 €  
Lastmanagement: 500 €  
**MAP Zwischensumme: 5.000 €**

Innovationsförderung: 6.750 €  
Lastmanagement: 500 €  
**MAP Zwischensumme: 7.250 €**

## 1.4 Förderungen

### 2. Anreizprogramm Energieeffizienz APEE

„Zusatzbonus“ zum MAP:

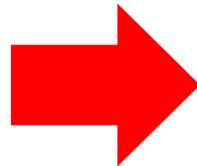
#### 1. Heizungstausch:

**Investitionszuschuss von 20 %** auf gesamte MAP-Förderung  
Ausnahme:  
Zusatzförderung Heizungsoptimierung

#### 2. Heizungsoptimierung:

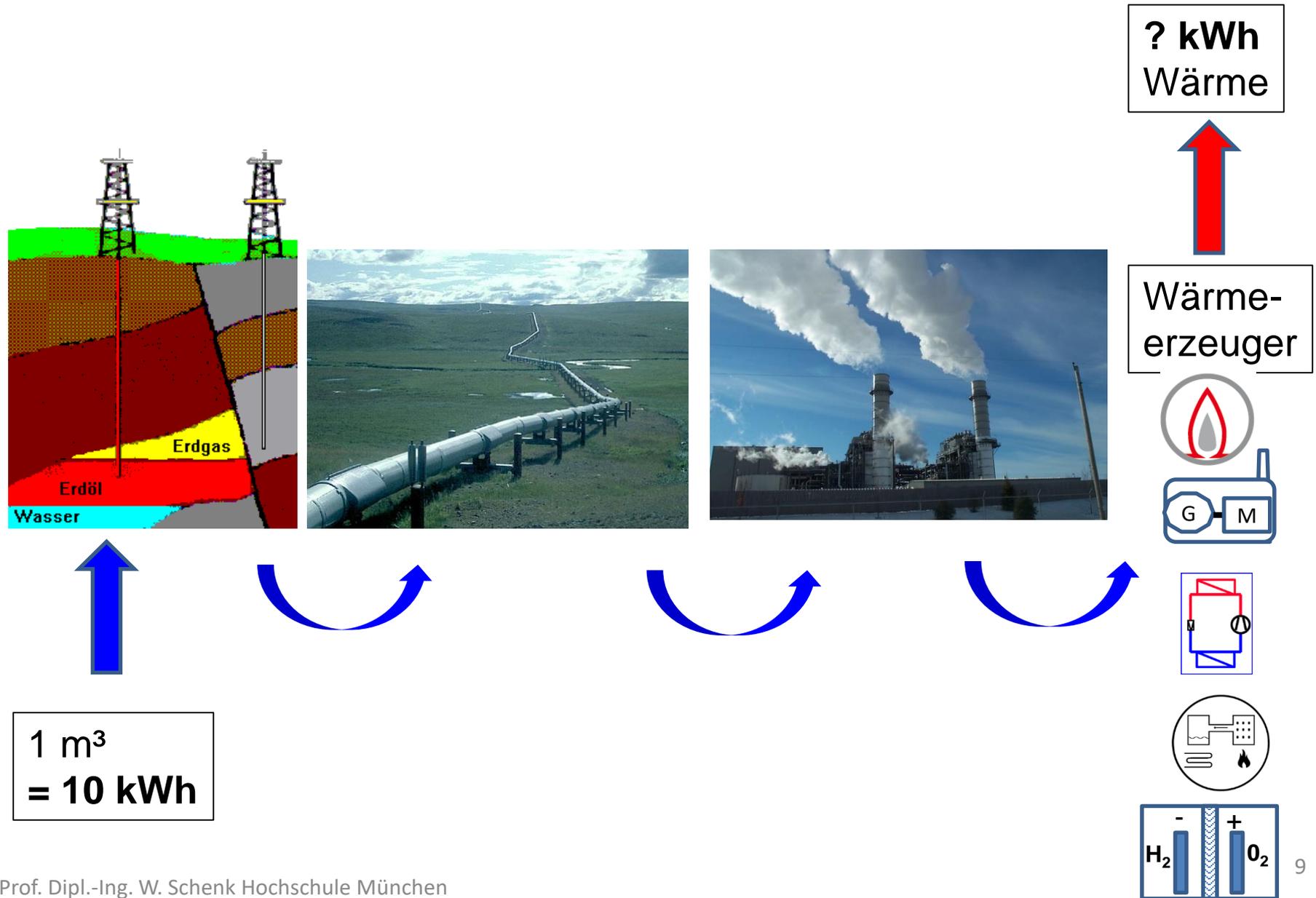
**600 €** für geforderte Maßnahmen zur Optimierung

1. und 2. „muss kombiniert werden“  
APEE-Antrag ist im MAP-Antrag integriert



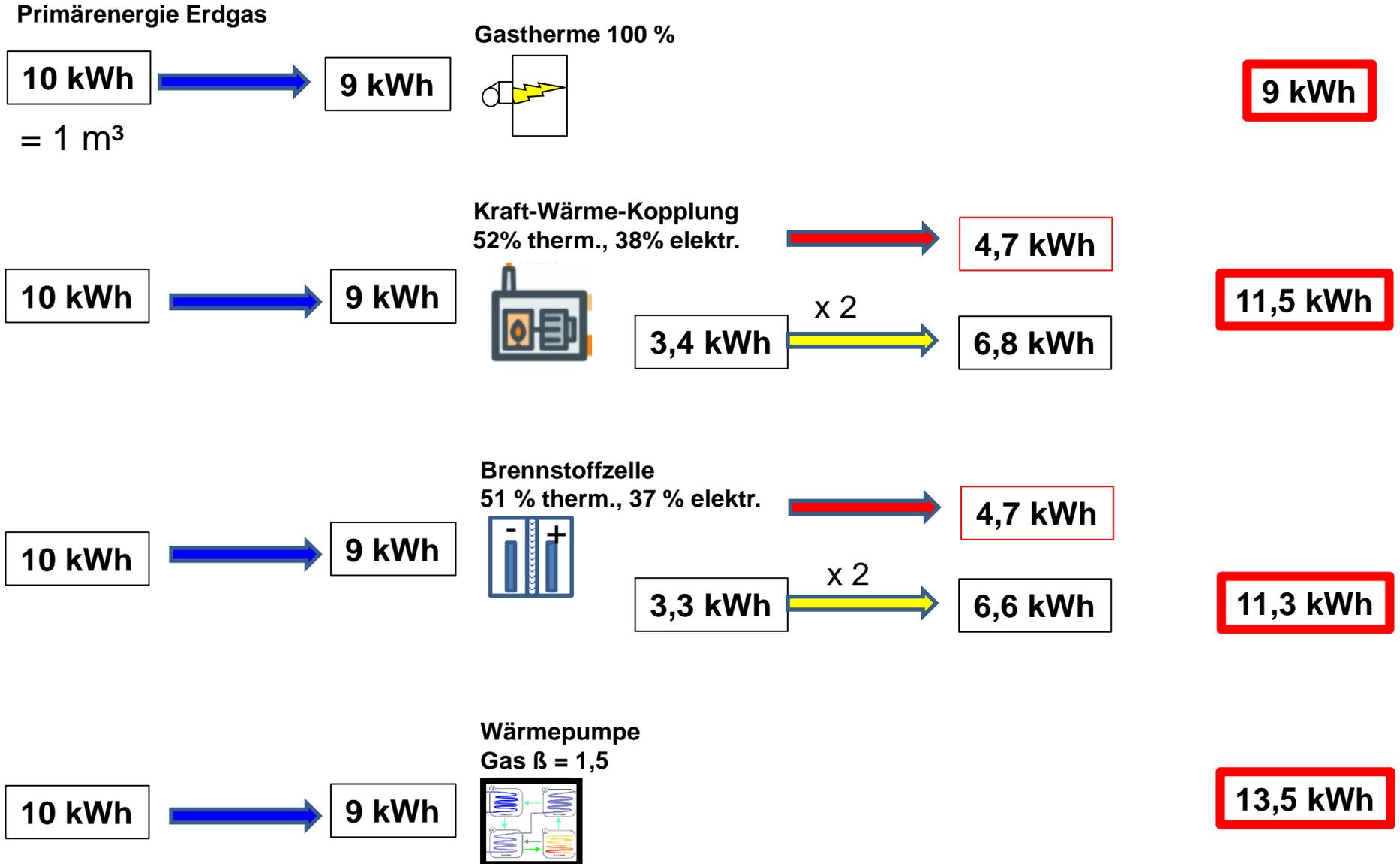
	Heizkörper	Fußboden- heizung
<b>MAP:</b>	<b>5.000 €</b>	<b>7.250 €</b>
<b>APEE:</b>		
20 % auf MAP	1.000 €	1.450 €
Optimierung Heizsystem: 600 €		600 €
<b>APEE:</b>	<b>1.600 €</b>	<b>2.050 €</b>
<b>Fördersumme:</b>	<b>6.600 €</b>	<b>9.300 €</b>

## 2. Effiziente Technologien zur Wärmeerzeugung auf dem Prüfstand



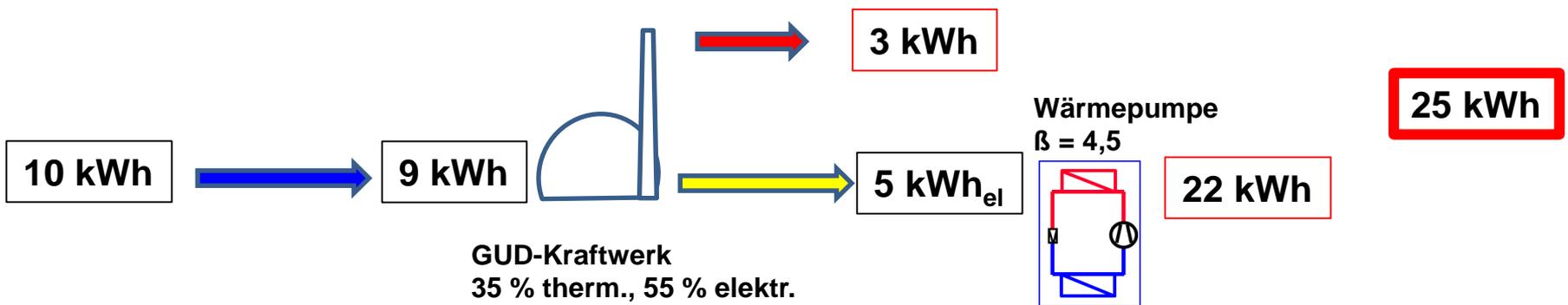
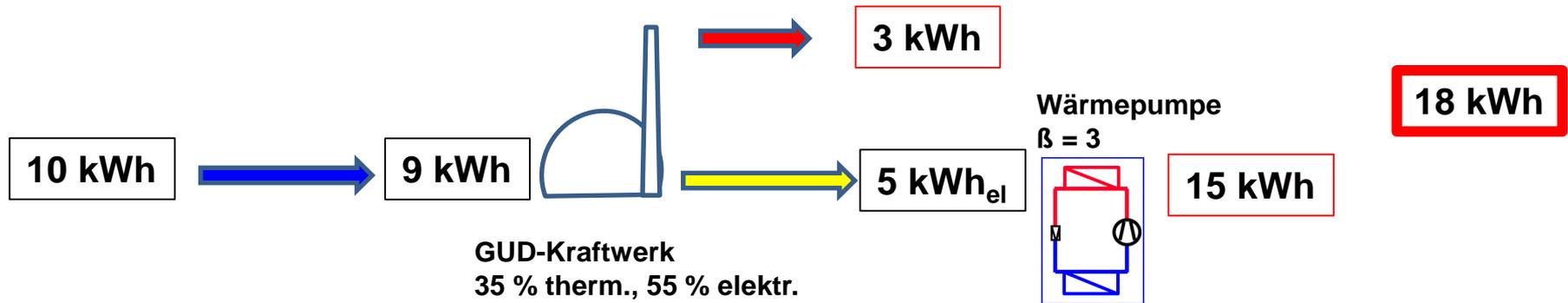
# 2. Effiziente Technologien zur Wärmeerzeugung auf dem Prüfstand

## Mit fossilen Energieträgern – nicht nachhaltig



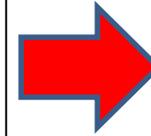
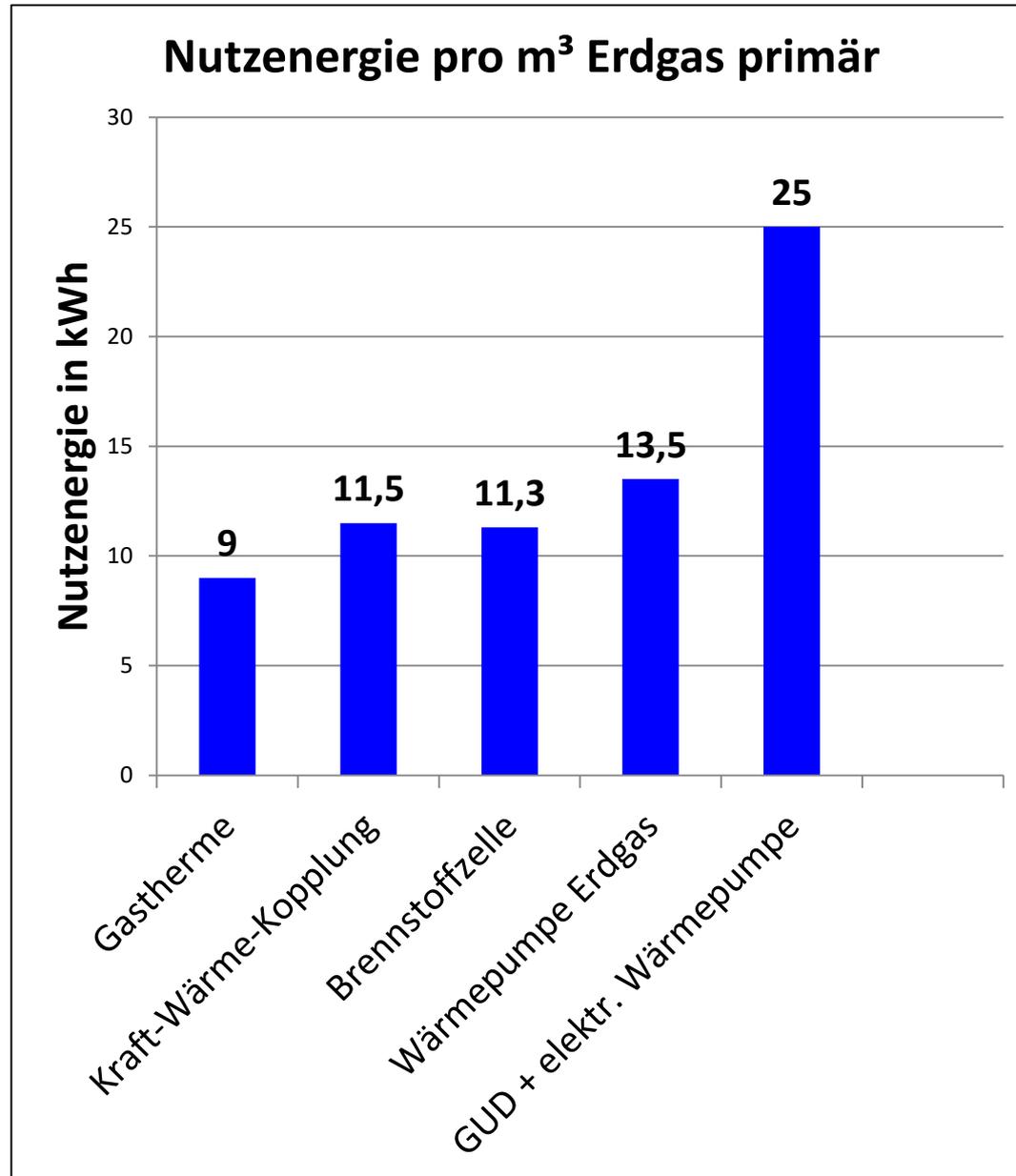
## 2. Effiziente Technologien zur Wärmeerzeugung auf dem Prüfstand

Mit fossilen Energieträgern – nicht nachhaltig



## 2. Effiziente Technologien zur Wärmeerzeugung auf dem Prüfstand

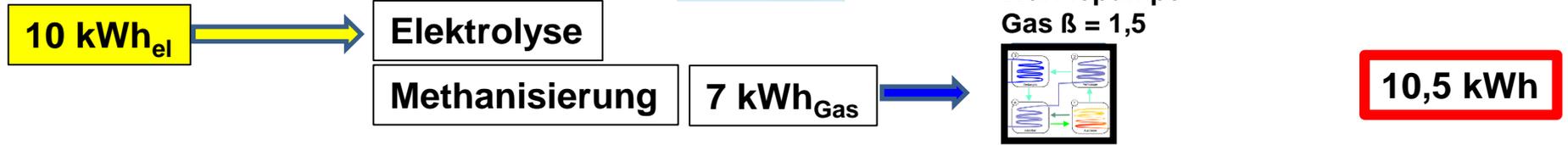
Mit fossilen Energieträgern – nicht nachhaltig



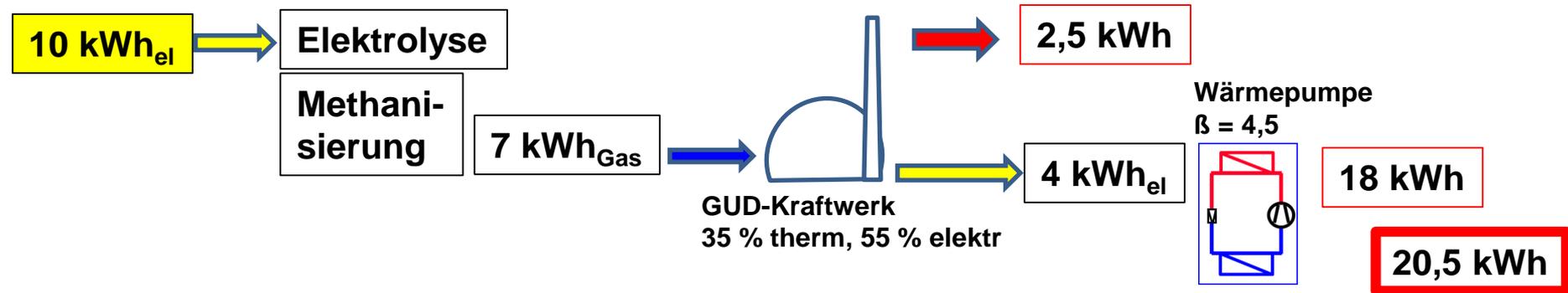
**Maximale Nutzung  
Energie:  
GuD-Kraftwerk +  
elektrische Wärmepumpe**

# 2. Effiziente Technologien zur Wärmeerzeugung auf dem Prüfstand

Mit regenerativer elektrischer Energie

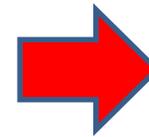
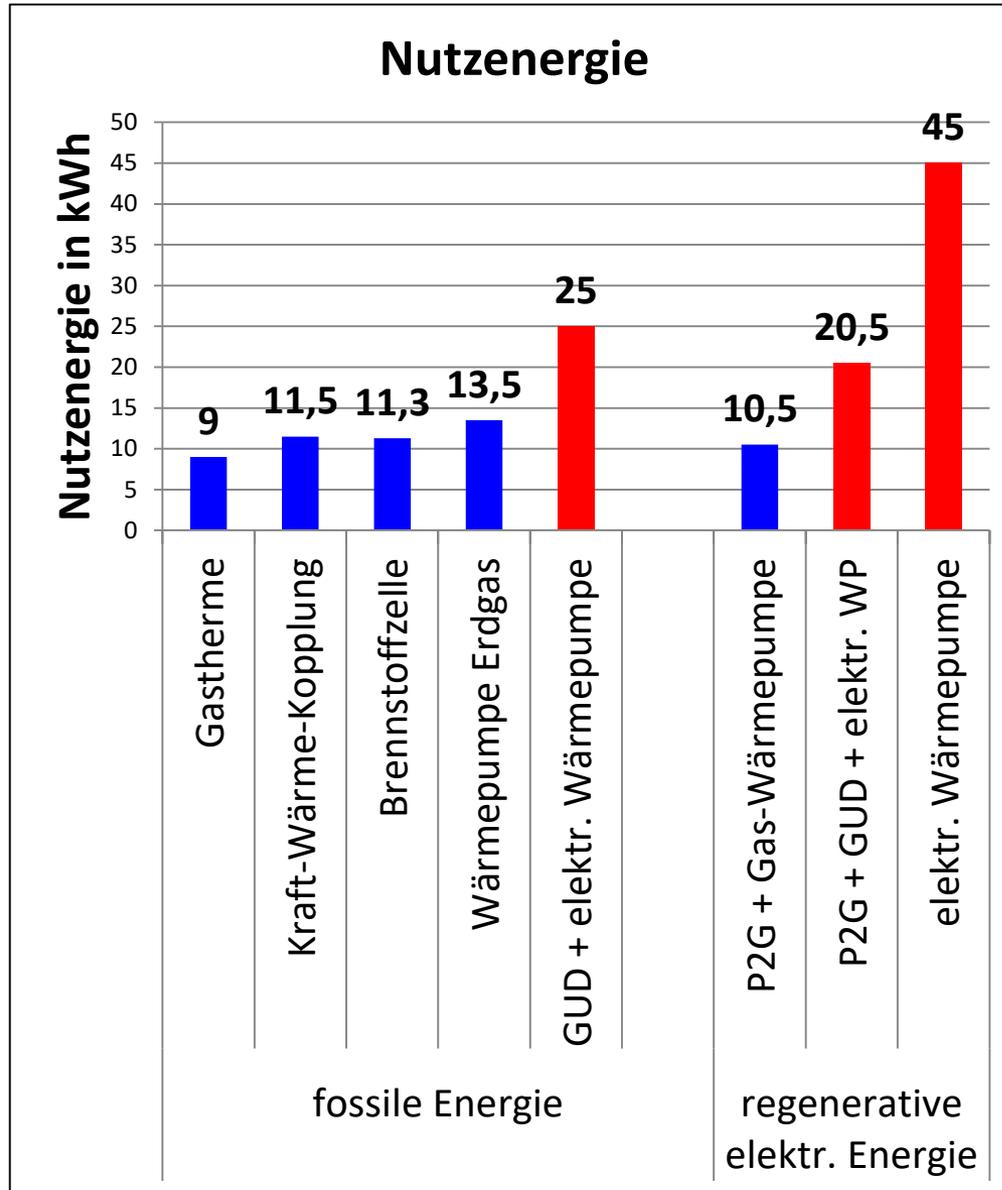


<https://www.iwr.de/news.php?id=35044>

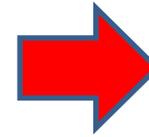


# 2. Effiziente Technologien zur Wärmeerzeugung auf dem Prüfstand

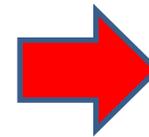
Mit fossiler bzw. regenerativer elektrischer Energie



**Maximale Nutzung reg. Energie:**  
Direkte Nutzung in elektrischer Wärmepumpe



**Für Speicherung:**  
Methanisierung + GUD-Kraftwerk + elektrische Wärmepumpe



**Für Hochtemperatur:**

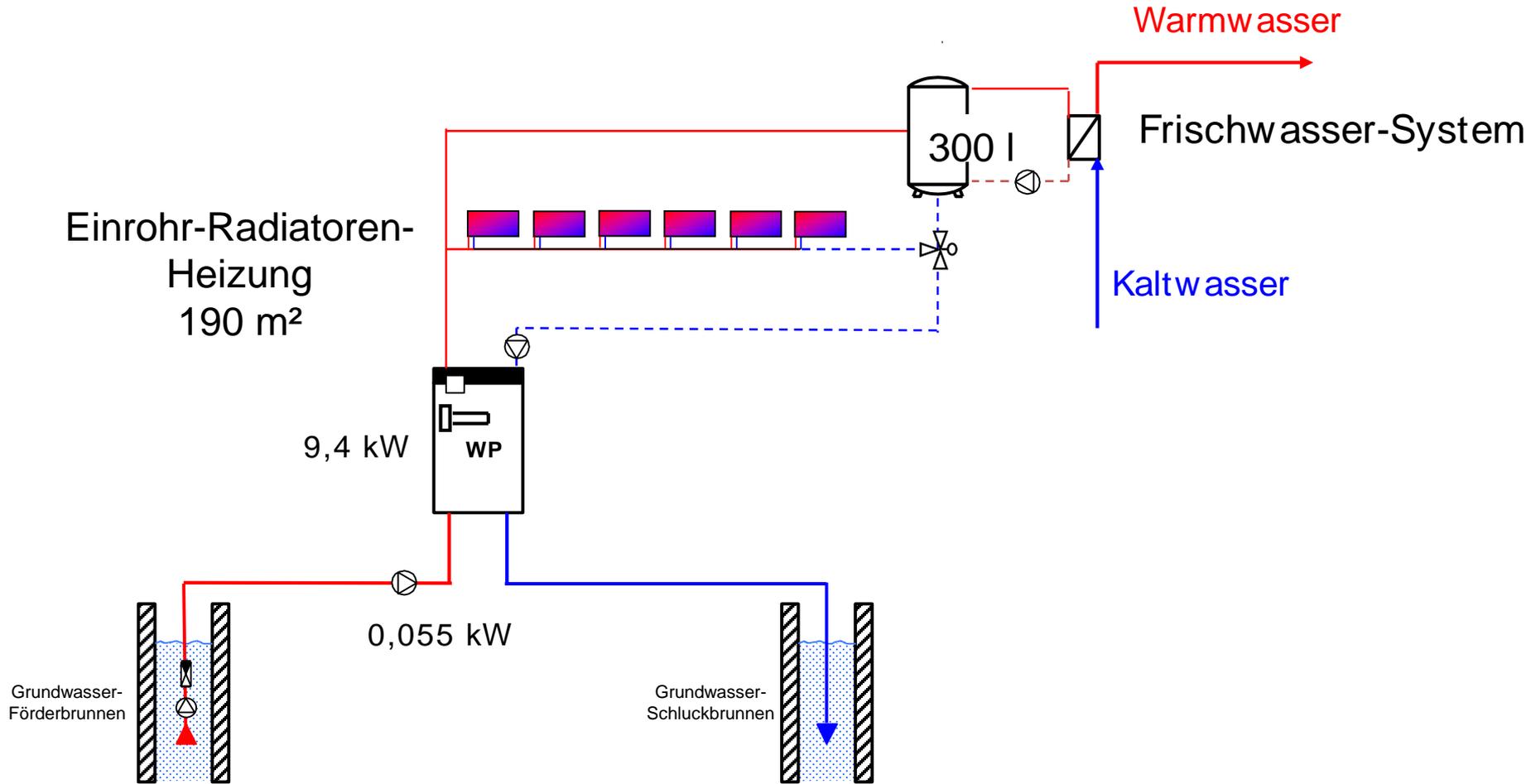
- Therme / Kessel
- Elektroheizung

### 3. Anlagenbeispiel: DHH

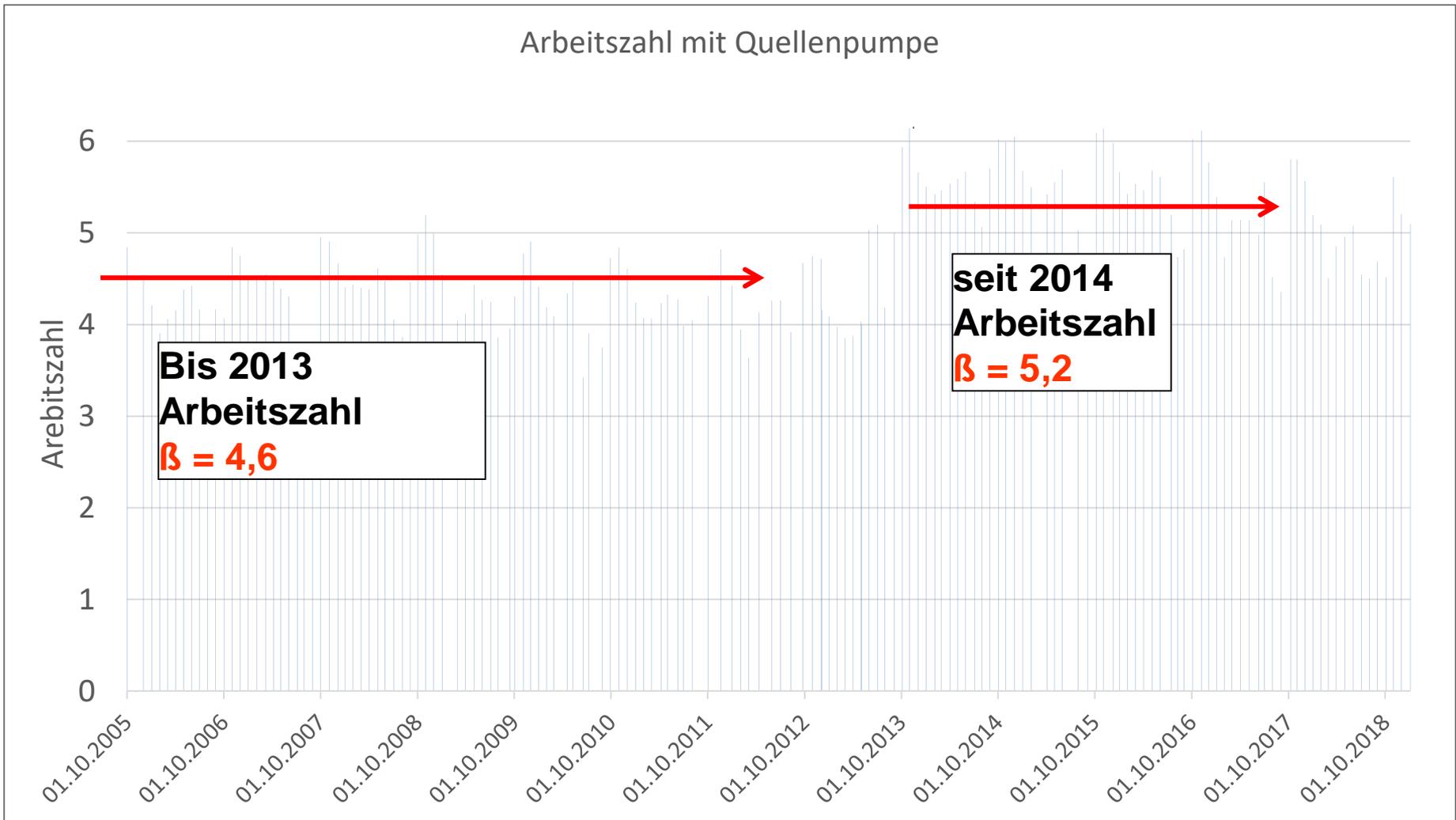


Bj.: 1984  
Wohnfläche: 190 m<sup>2</sup>  
Einrohrheizung

# 3. DHH: vom Gaskessel zur effizienten Grundwasserwärmepumpenanlage



### 3. DHH:effiziente Grundwasserwärmepumpenanlage



**Vor Sanierung:**  
**Erdgas: 35.000 kWh/a**  
**Verbrauchskosten: 2.380 €/a**

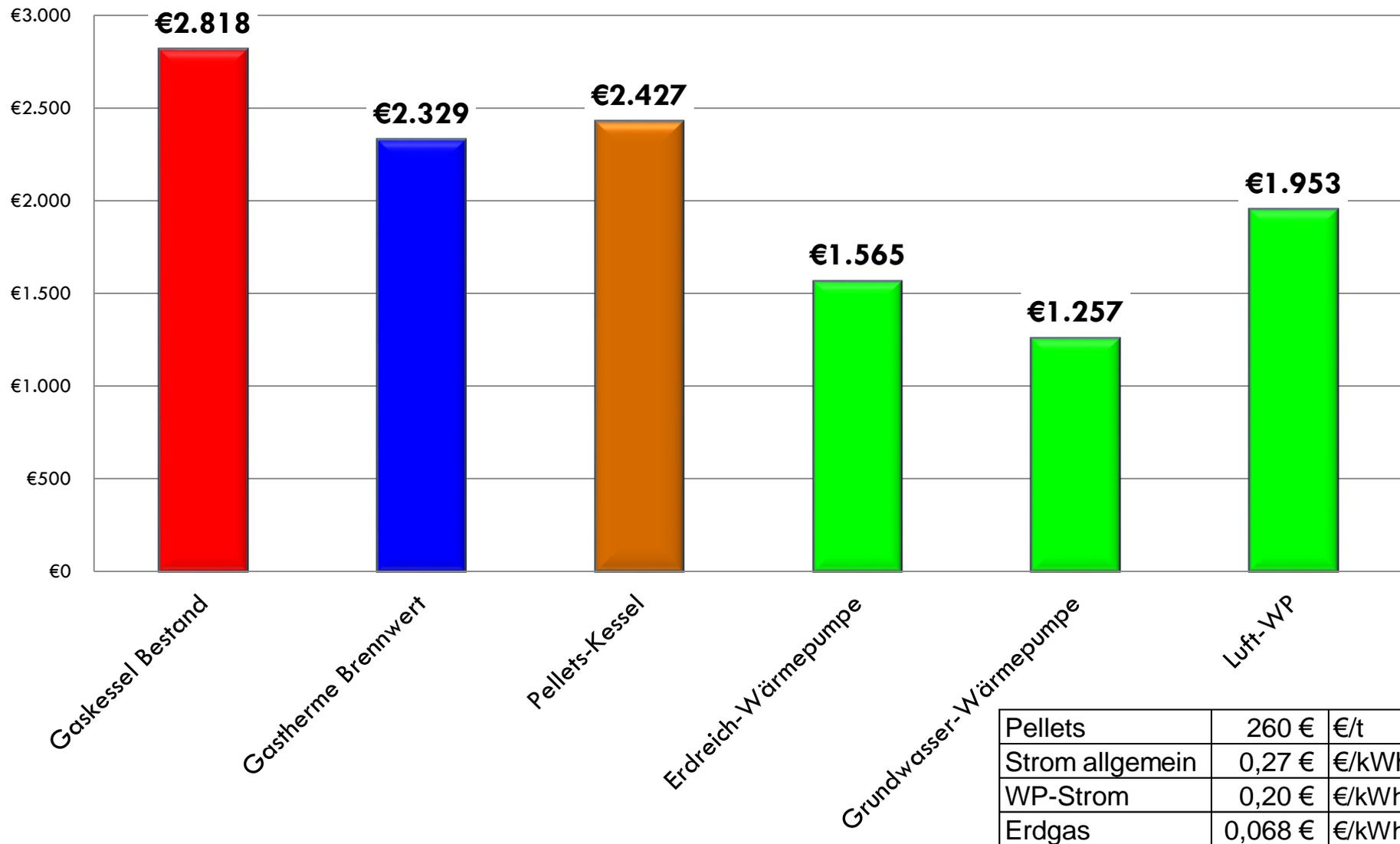
**Vollbenutzungsstunden: 2.818 h/a**  
**Stromverbrauch: 5.135 kWh/a**  
**Verbrauchskosten: 1.207 €/a**

# Heizkostenvergleich nach VDI 2067

ges. thermischer Energiebedarf:		26.700	kWh/a			
	Gaskessel Bestand	Gastherme Brennwert	Pellets-Kessel	Erdreich-Wärmepumpe	Grundwasser-Wärmepumpe	Luft-WP
<b>Betriebsgebundene Kosten:</b>						
Wartung, Kesselreinigung	150 €	130 €	250 €	50 €	50 €	50 €
Tankreinigung anteilig						
Kaminkehrer	60 €	60 €	60 €			
<b>Summe</b>	<b>210 €</b>	<b>190 €</b>	<b>310 €</b>	<b>50 €</b>	<b>50 €</b>	<b>50 €</b>
<b>Verbrauchsgebundene Kosten:</b>						
<b>Wärmeerzeugung:</b>						
Jahresarbeitszahl/-Nutzungsgrad		95%	80%	4,0	5,2	3,1
Strombedarf in kWh/a				6.675	5.135	8.613
Strompreis pro kWh				0,20 €	0,20 €	0,20 €
Stromkosten				1.335 €	1.027 €	1.723 €
Bedarf kWh/a bzw. in t/a	35000	28105	7,42			
Preis pro kWh bzw pro t	0,068 €	0,068 €	260 €			
Brennstoffkosten pro Jahr	2.380 €	1.911 €	1.928 €			
<b>Hilfsenergie:</b>						
Strombedarf in kWh/a	400	400	700	400	400	400
Strompreis pro kWh	0,27 €	0,27 €	0,27 €	0,20 €	0,20 €	0,20 €
Stromkosten pro Jahr	108 €	108 €	189 €	80 €	80 €	80 €
Meßpreis/Grundpreis	120 €	120 €		100 €	100 €	100 €
<b>Summe</b>	<b>2.608 €</b>	<b>2.139 €</b>	<b>2.117 €</b>	<b>1.515 €</b>	<b>1.207 €</b>	<b>1.903 €</b>
<b>Ges.-Summe</b>	<b>2.818 €</b>	<b>2.329 €</b>	<b>2.427 €</b>	<b>1.565 €</b>	<b>1.257 €</b>	<b>1.953 €</b>

# Heizkostenvergleich nach VDI 2067

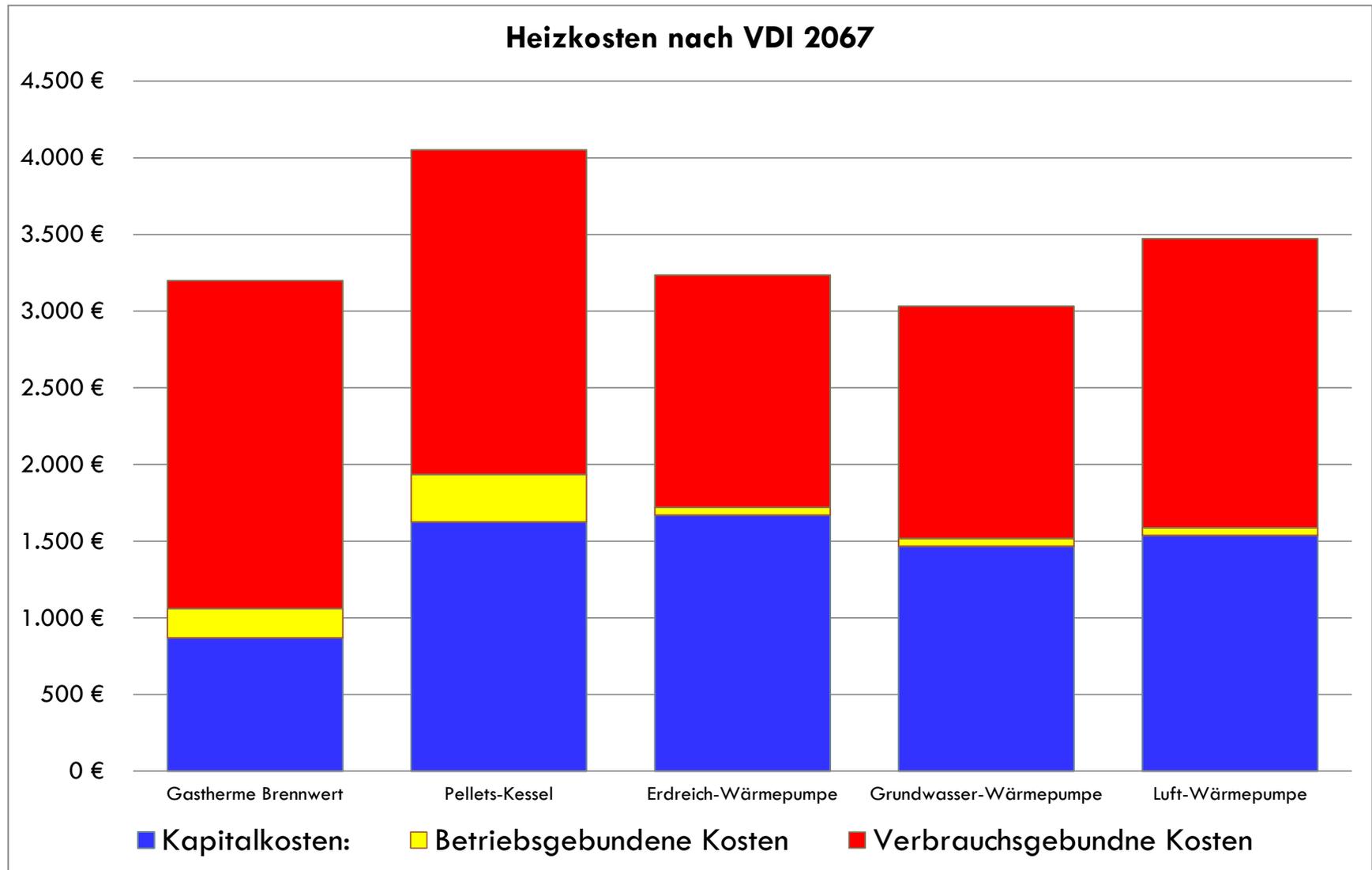
## Betriebs- und Verbrauchskosten



# Heizkostenvergleich nach VDI 2067

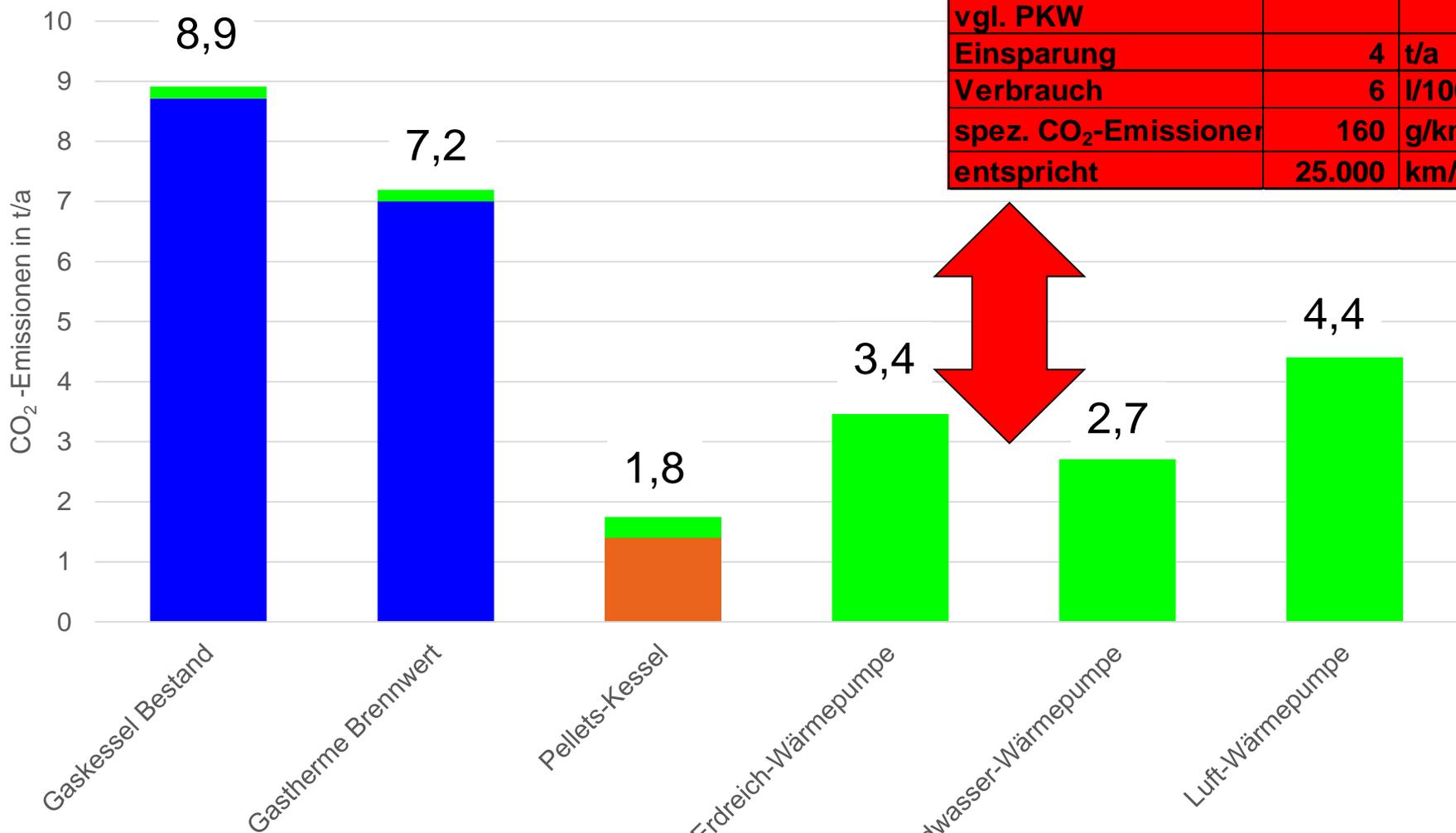
Heizkostenvergleich nach VDI 2067:						
Einfamilienhaus 200 m <sup>2</sup>						
Heizung und Warmwasser für 4 Personen						
	Gaskessel Bestand	Gastherme Brennwert	Pellets- Kessel	Erdreich- Wärmepumpe	Grundwasser- Wärmepumpe	Luft-WP
<b>Investitionskosten:</b>						
Pelletslager			3.500 €			
Schornstein; Wärmequelle		1.000 €	1.000 €	15.000 €	10.000 €	1.500 €
Wärmeerzeuger incl. Warmwasser		10.000 €	20.000 €	14.000 €	14.000 €	18.000 €
Elektroinstallation		300 €	600 €	1.000 €	1.000 €	1.500 €
Wärmeverteilung			0 €	1.000 €	1.000 €	1.000 €
Solaranlage 6 m <sup>2</sup>						
Summe		11.300 €	25.100 €	31.000 €	26.000 €	22.000 €
Förderung		0 €	(3.000 €)	(6.600 €)	(6.000 €)	0 €
<b>Investitionskosten:</b>	0 €	22.600 €	22.100 €	24.400 €	20.000 €	22.000 €
<b>Kapitalkosten:</b>						
Annuität (20 J./Zins 2 %) 6,12 %	0 €	612 €	1.261 €	918 €	918 €	1.285 €
Annuität (50 J./Zins 2 %) 3,18 %	0 €	32 €	143 €	509 €	350 €	32 €
Instandsetzung 1 %	200 €	226 €	221 €	244 €	200 €	220 €
<b>Kapitalkosten:</b>	200 €	870 €	1.625 €	1.671 €	1.468 €	1.537 €
<b>Betriebsgebundene Kosten:</b>						
Wartung, Kessel- u. Tankreinigung	150 €	130 €	250 €	50 €	50 €	50 €
Kaminkehrer	60 €	60 €	60 €			
<b>Betriebsgebundene Kosten:</b>	210 €	190 €	310 €	50 €	50 €	50 €
<b>Verbrauchsgebundene Kosten:</b>						
Stromkosten	108 €	108 €	189 €	1.415 €	1.415 €	1.803 €
Öl, Gas, Pellets	2.380 €	1.911 €	1.928 €			
Meßpreis/Grundpreis		120 €		100 €	100 €	84 €
<b>Verbrauchsgebundene Kosten:</b>	2.488 €	2.139 €	2.117 €	1.515 €	1.515 €	1.887 €
<b>Jahreskosten (Summe)</b>	<b>2.898 €</b>	<b>3.199 €</b>	<b>4.052 €</b>	<b>3.236 €</b>	<b>3.033 €</b>	<b>3.474 €</b>

# Heizkostenvergleich nach VDI 2067

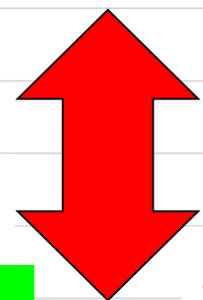


# Vergleich CO<sub>2</sub>-Emissionen

jährliche CO<sub>2</sub>-Emissionen



<b>vgl. PKW</b>		
<b>Einsparung</b>	4	t/a
<b>Verbrauch</b>	6	l/100 km
<b>spez. CO<sub>2</sub>-Emissionen</b>	160	g/km
<b>entspricht</b>	25.000	km/a



	spez. Emissionen in g/kWh
Erdgas	249
Pellets	42
Strom (Gesamtdeutschland 2017)	489

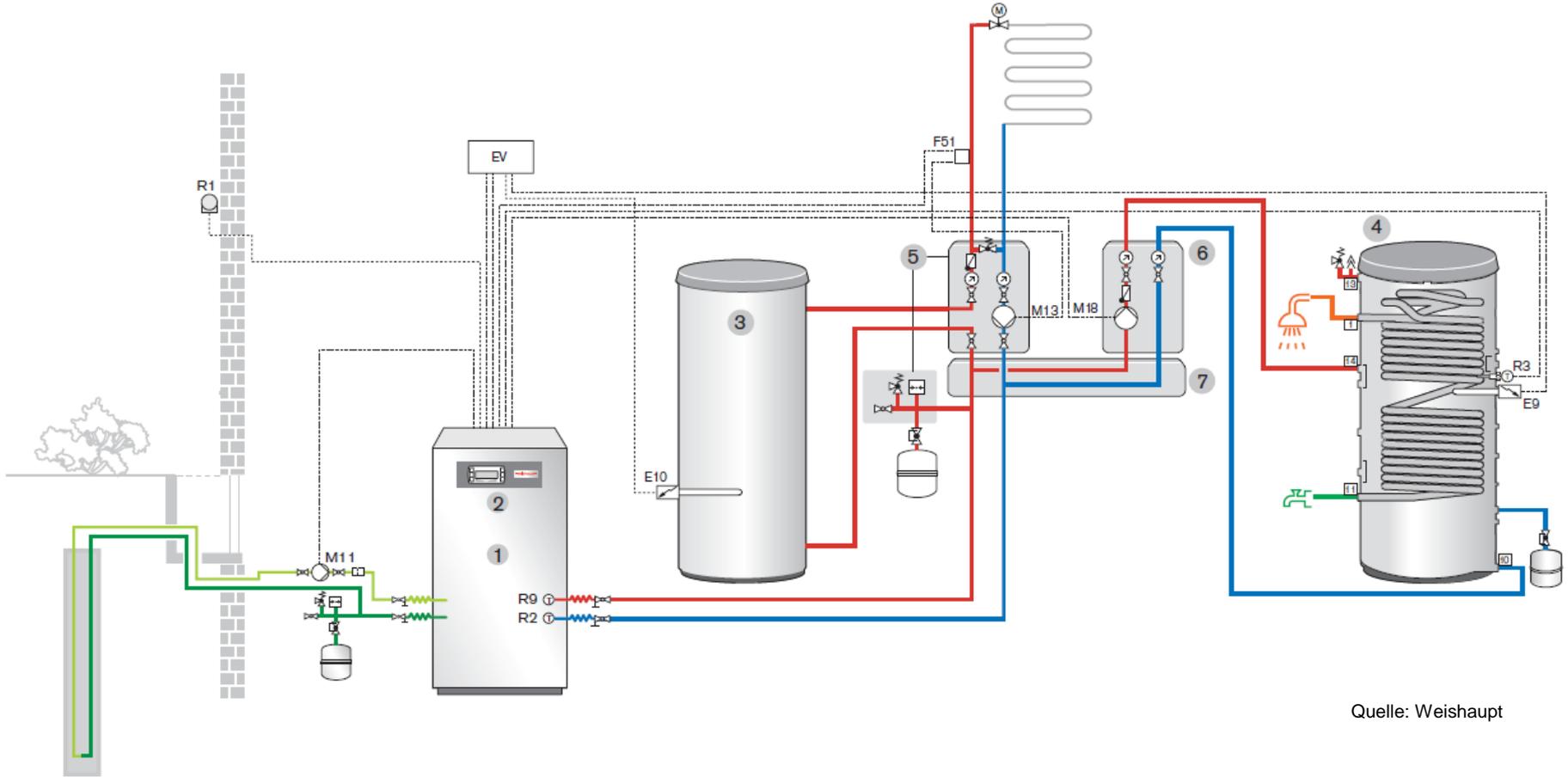
# Gebäudebestand – MFH - 60 °C-Anforderung

## Hochtemperaturwärmepumpe



# Gebäudebestand - MFH

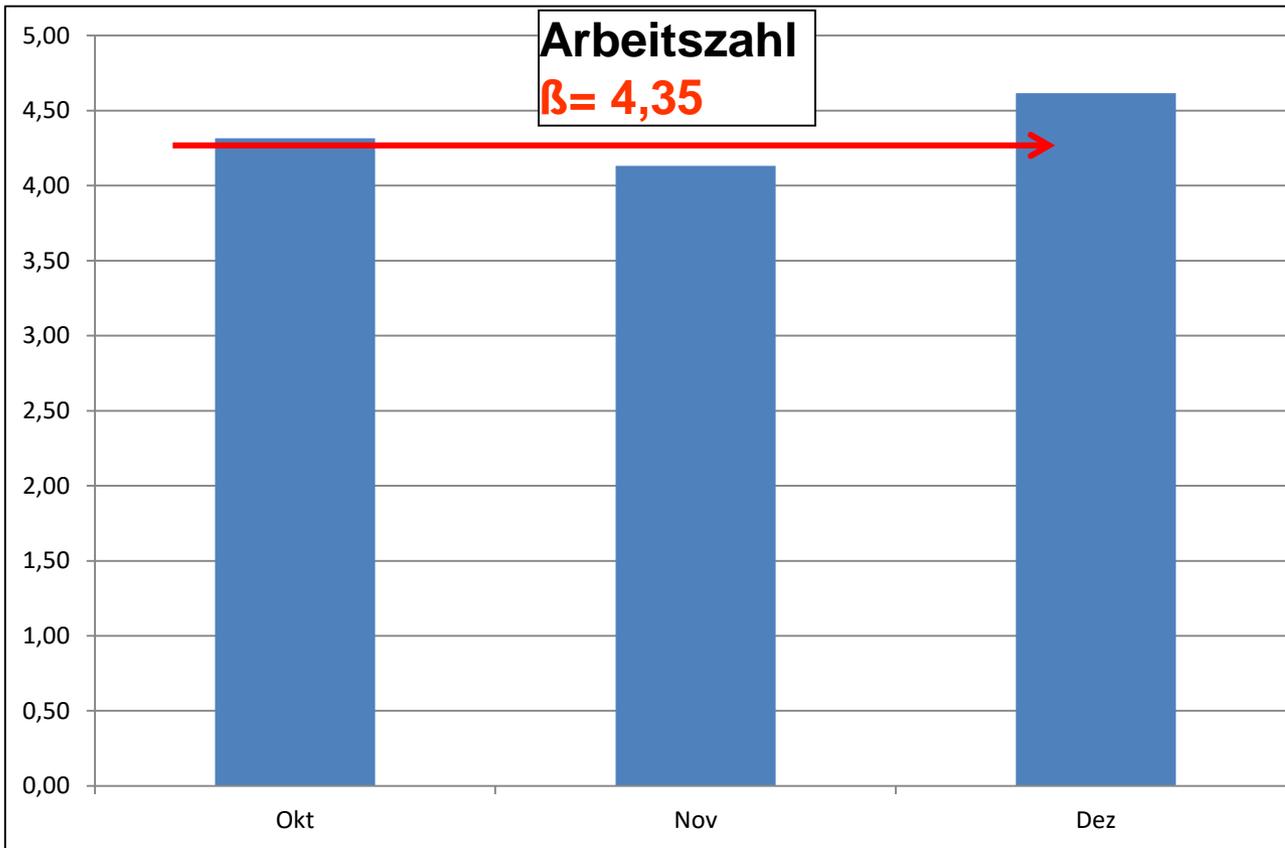
## Hochtemperaturwärmepumpe



Quelle: Weishaupt

# Gebäudebestand - MFH

## Hochtemperaturwärmepumpe



Wohnfläche beh.	m <sup>2</sup>	435
<b>Gebäudenutzfläche</b>	m <sup>2</sup>	587,25
Wärmeverbrauch	kWh/a	
<b>Endenergie</b>		
Erdwärme-WP	kWh/a	9800
Erdwärme-WP	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	17
<b>Primärnergie</b>		
fp elektrische Energie		1,8
Erdwärme-WP	kWh/(m <sup>2</sup> *a)	30

# Grundwasser-Wärmepumpenanlage bei Sanierung

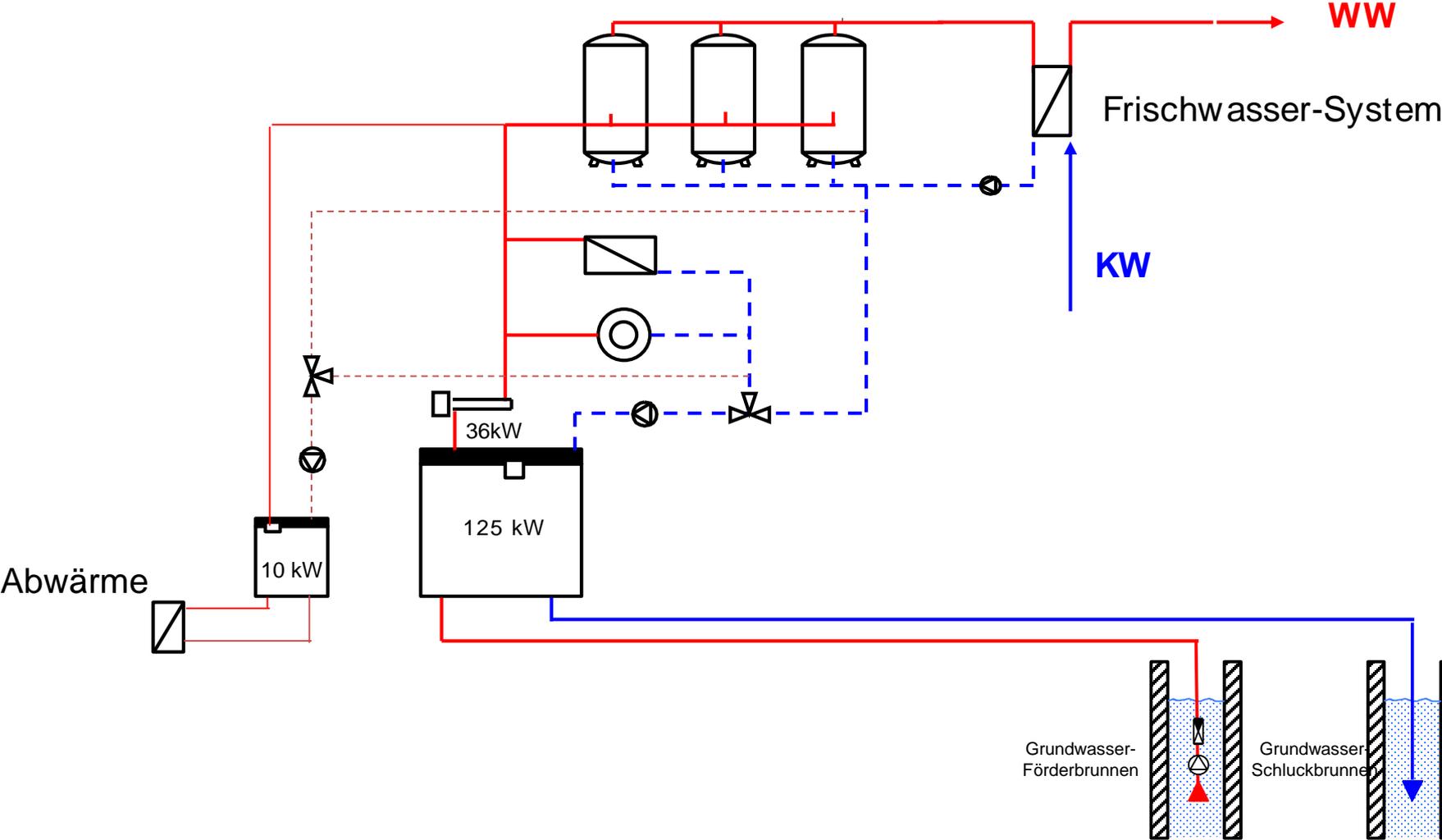


HOTEL

**Bayerischer Hof**

PRIEN AM CHIEMSEE

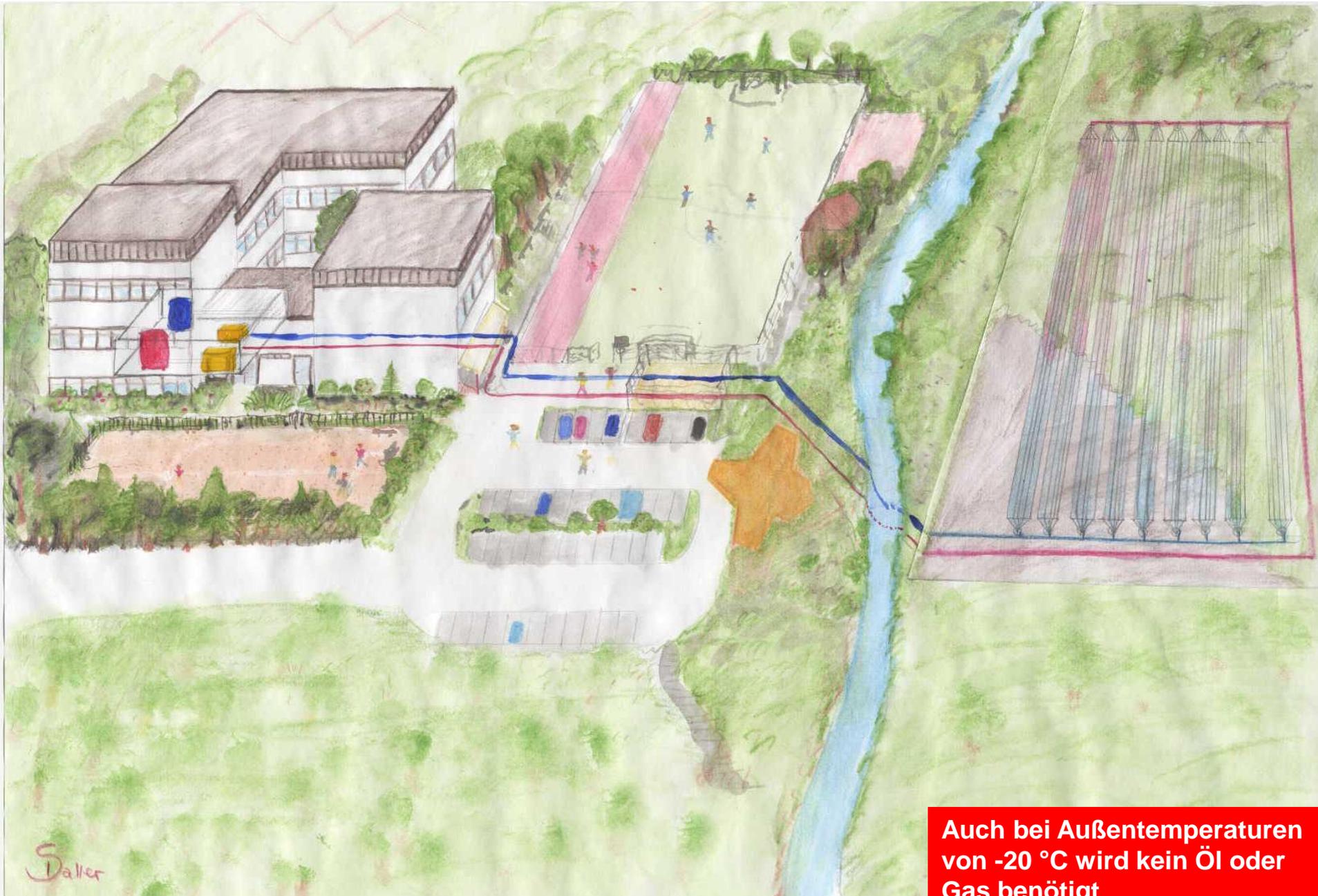
# Grundwasserwärmepumpe Hotel Prien







# Reichertshausen: Erdreichkollektor für alte Schule und neue Bücherei



Auch bei Außentemperaturen von  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  wird kein Öl oder Gas benötigt



**DYNAPAC**

# Grundwasser-Wärmepumpe München

Daten:

Bj. Gebäude: 1978

Bj.: WP: 2001

Beheizte Fläche: 40.000 m<sup>2</sup>

Heizleistung WP: 840 kW





4 Wärmepumpenmodule mit einer Heizleistung von 840 kW

**Einsparungen:**  
• Verbrauchskosten: 50 %  
• CO<sub>2</sub>: 70 %

# Memmingen Ziegeltörle: Grundwasser-Wärmepumpenanlage + PV

Beheizte Fläche. 2.000 m<sup>2</sup>  
Wohnungen: 21  
Heizlast: 70 kW

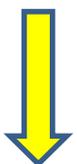


# Grundwasser-Wärmepumpenanlage + PV

PV 74 kW<sub>p</sub>

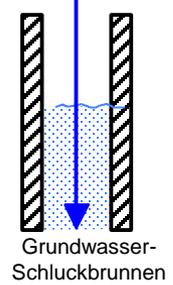
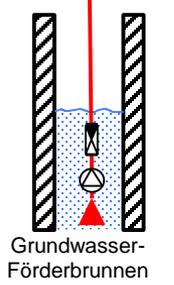


Netz



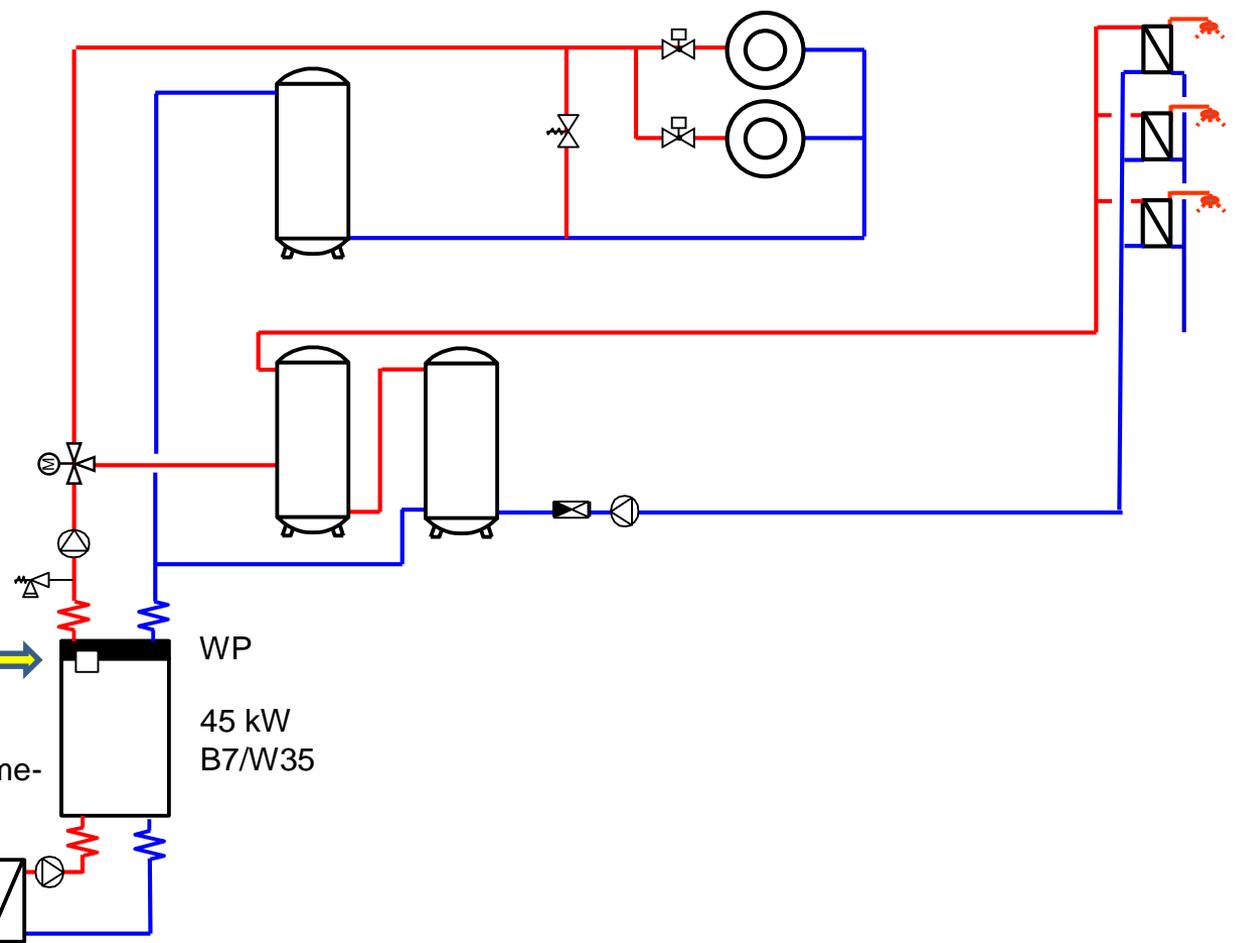
Trennwärme-  
tauscher

WP  
45 kW  
B7/W35



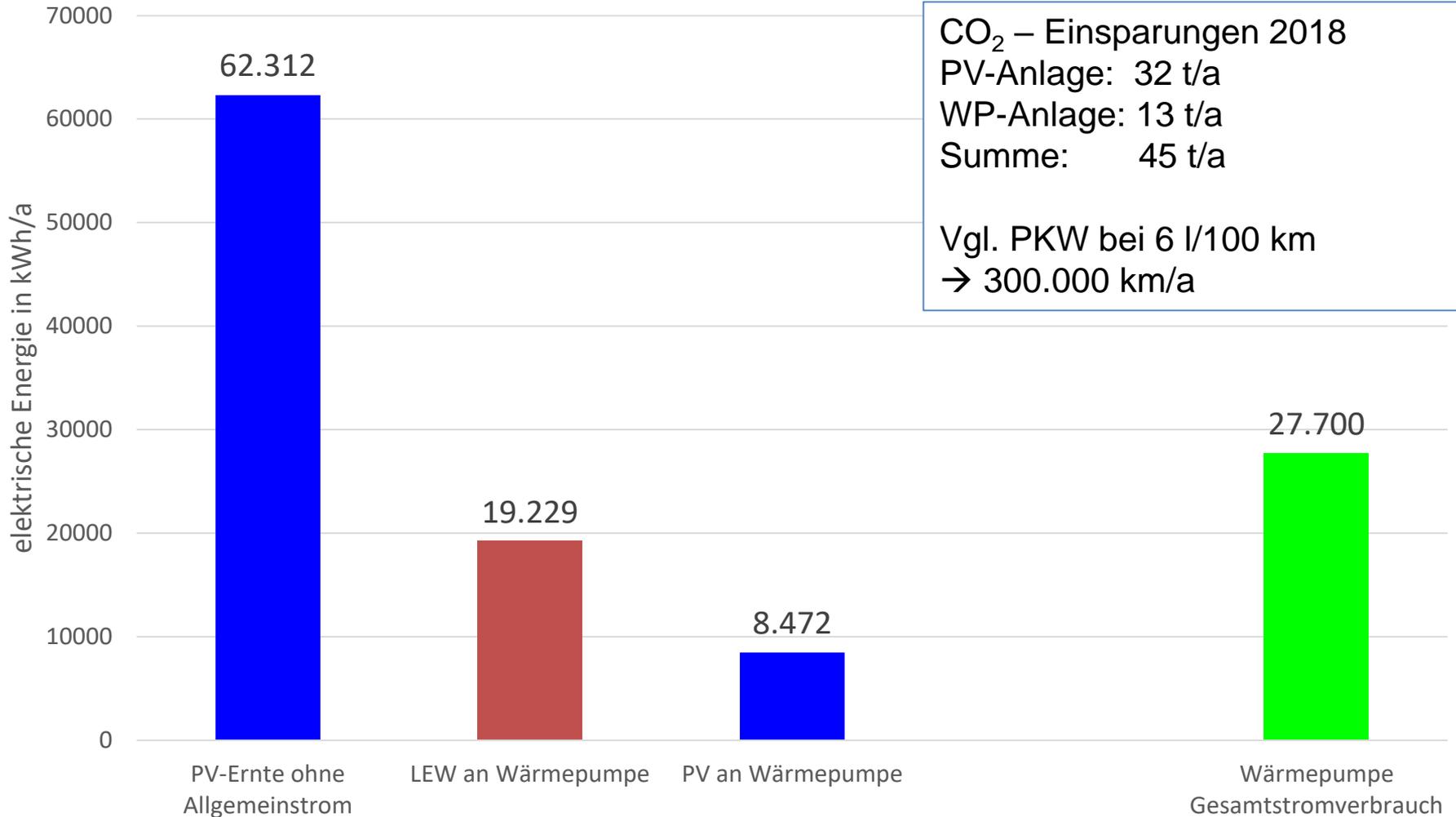
FBH  
70 kW

Frischwasser-  
module



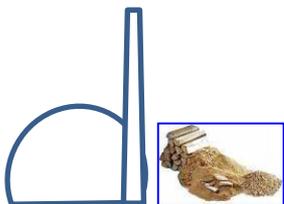
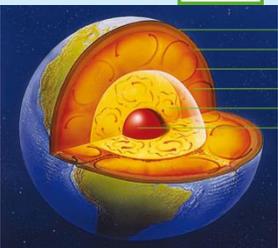
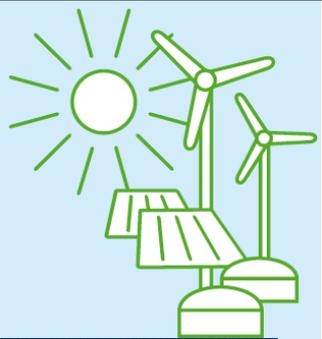
# Grundwasser-Wärmepumpenanlage + PV

Ziegeltörle Bilanzen 2018

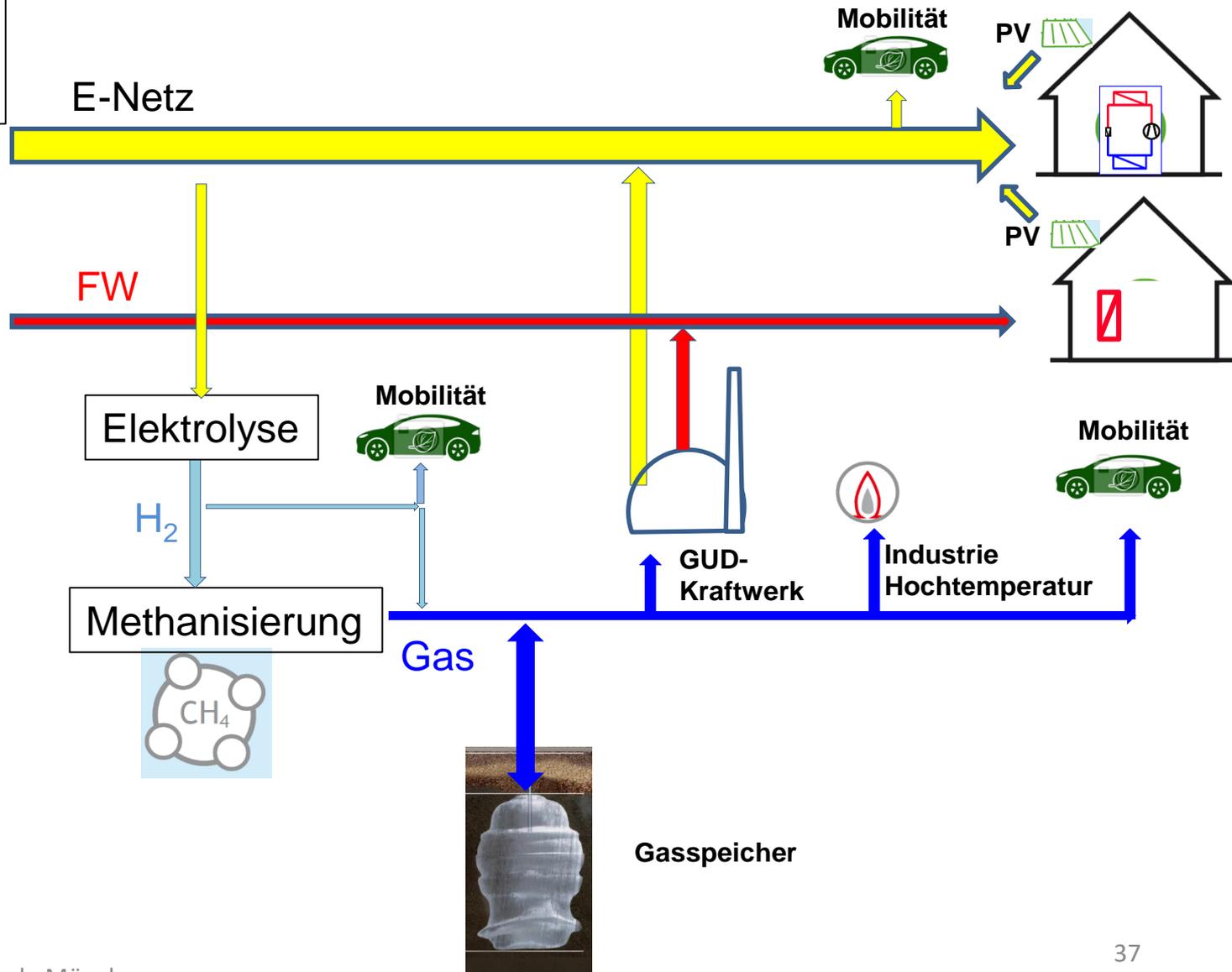


# Künftige Wärmeversorgung und Verkehr

Wind  
PV  
Tiefengeothermie  
Biomasse



Holzvergaser  
Biogas





## Wir alle:

1. Bewusstseinsänderung:

Konsumieren



Was brauche ich?  
Was macht mir Freude?  
Was ist mir wichtig?

2. Wenn möglich: Kauf und Nutzung ressourcenschonender Produkte und Dienstleistungen

## Politik:

1. Weiterentwicklung Gesetze EnEV, EEWG **auch bei Sanierung**
2. Einführung Smart Grid
3. Förderungen
4. Energiesteuern auf CO<sub>2</sub>

## Investoren:

Investition in regenerativer Energieerzeugung

## Hersteller, Planer und Heizungsbauer:

Weiter-Entwicklung einfacher und hocheffizienter Anlagentechnik

# Zusammenfassung Geothermie in der Modernisierung

## Wenn:

1. eine nachhaltige und effiziente Wärmeversorgung weiter verfolgt wird
2. Keine neuen bahnbrechenden Erfindungen kommen

## Dann:

1. Regenerative elektrische Energieerzeugung
2. Hauptsächliche Wärmeerzeugung mit geothermischen Wärmepumpen

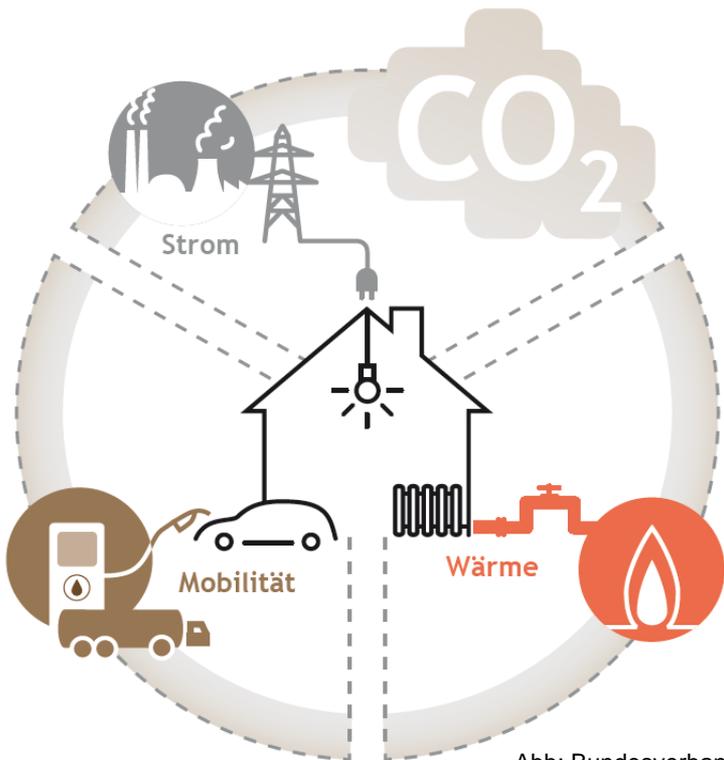


Abb: Bundesverband Wärmepumpe: Wärmewende

