



RFI

Rath + Fritz

Beratende Ingenieure

PartnerschaftGmbH

Bauphysik ■ Haustechnik ■ Brandschutz

Vortrag AKE Metzingen

Kulturforum

20.02.2024

Wärmepumpen

Fakten statt Mythen

Übersicht

- Einleitung
- Kleiner Ausflug - in die Welt der Physik (Arbeit, Energie, Wärme)
- Wärmepumpe
 - Funktion
 - Arten von Wärmepumpen
 - Kennwerte
 - Einsatzmöglichkeiten und Grenzen
- Kosten und Fördermöglichkeiten

Ausflug in die Welt der Physik

○ Energie



○ Arbeit



○ Leistung

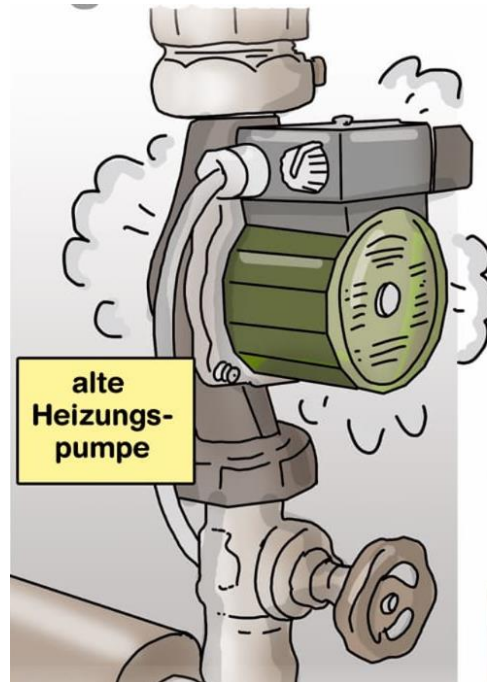


Ausflug in die Welt der Physik

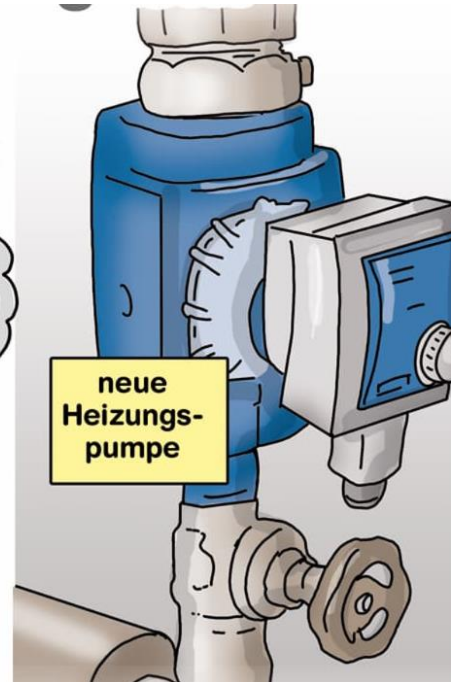
- Energie = Arbeit
- Einheit: kWh
- Leistung = Arbeit/Zeit

Ausflug in die Welt der Physik

Leistung
60 W



Leistung
4 W



- Wenn die Pumpen 5000 Stunden im Jahr laufen, wird die Arbeit von 300 kWh bzw. 20 kWh verrichtet.

Ausflug in die Welt der Physik

- Energie kann nicht erzeugt werden
- Energie kann nur von einer Form in eine andere umgewandelt werden

Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

- Materie
- Kernenergie
- Lageenergie
- Bewegungsenergie
- Elektrische Energie
- Chemische Energie
- Lichtenergie
- Wärme

Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

➤ Materie

$$E = mc^2$$

$$E = 1\text{kg} * 300.000.000 \text{ m/s} * 300.000.000 \text{ m/s}$$

$$E = 90.000.000.000.000.000 \text{ J}$$

$$E = 25.000.000.000.000 \text{ kWh (25 Billionen)}$$

(das entspricht ca. 800.000 Schwimmbecken Heizöl)

Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

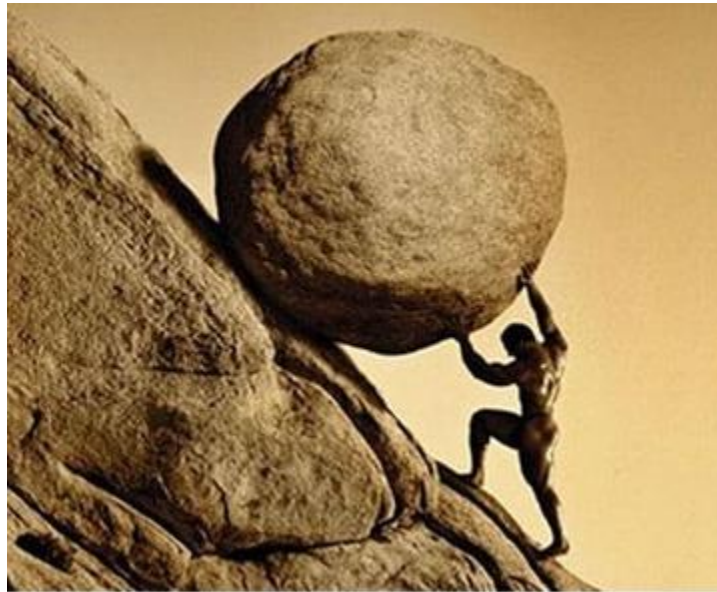
➤ Kernenergie



Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

➤ Lageenergie



Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

➤ Bewegungsenergie



Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

➤ Chemische Energie



Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

➤ Elektrische Energie



Ausflug in die Welt der Physik

Welche Energieformen gibt es?

➤ Wärme



Ausflug in die Welt der Physik

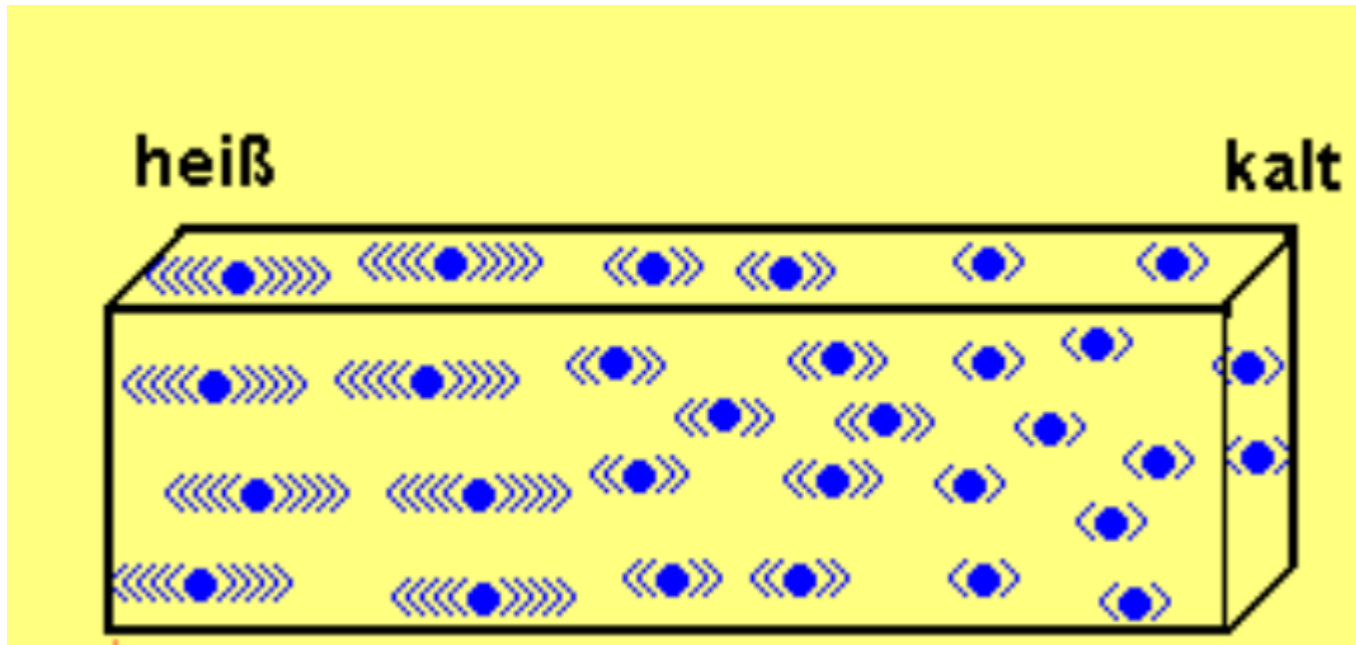
Umwandlung von Energie

- Elektrische Energie
- Bewegungsenergie
- Lageenergie
- Bewegungsenergie
- Elektrische Energie



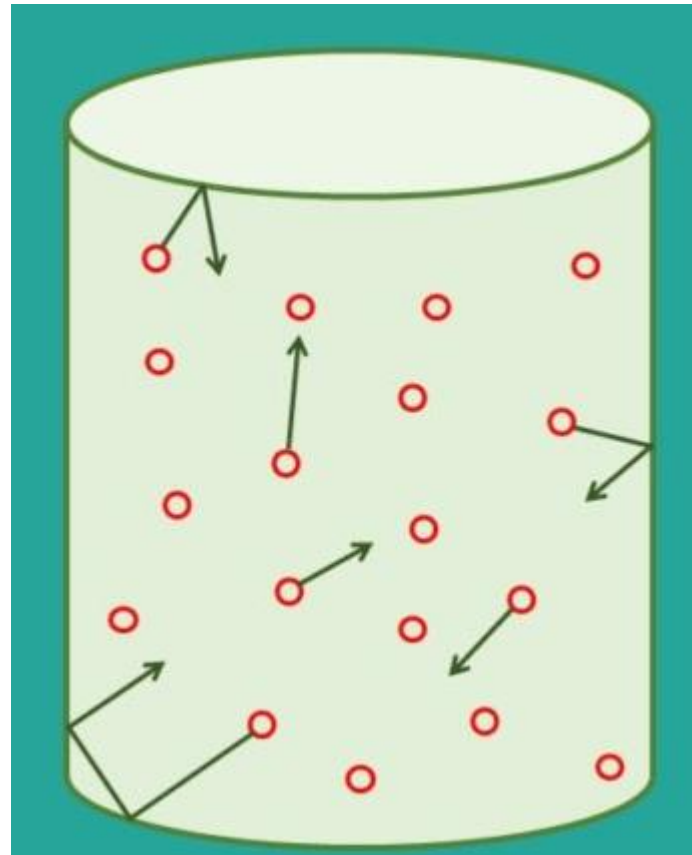
Ausflug in die Welt der Physik

Was ist Wärme?



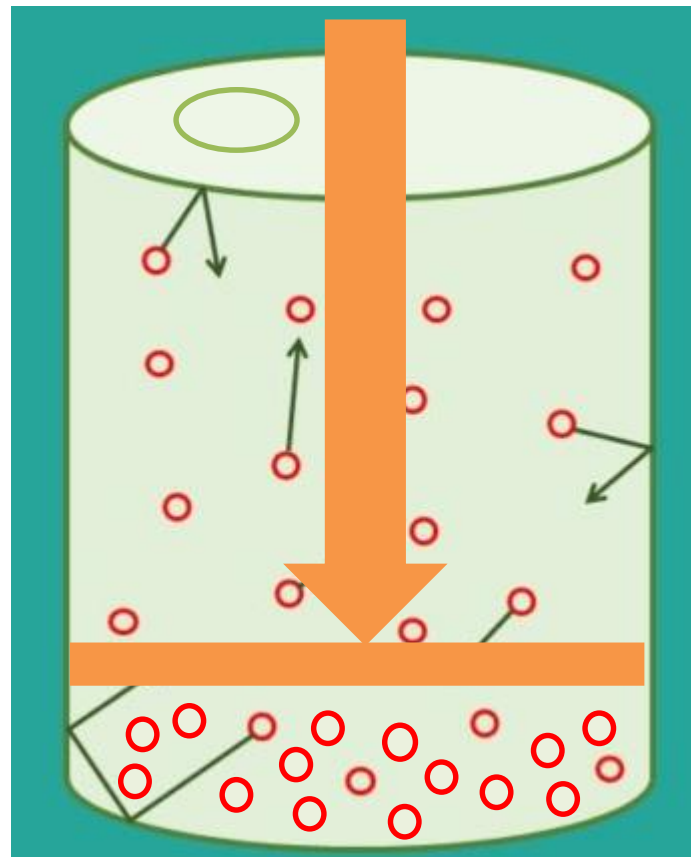
Ausflug in die Welt der Physik

Was ist Wärme?



Ausflug in die Welt der Physik

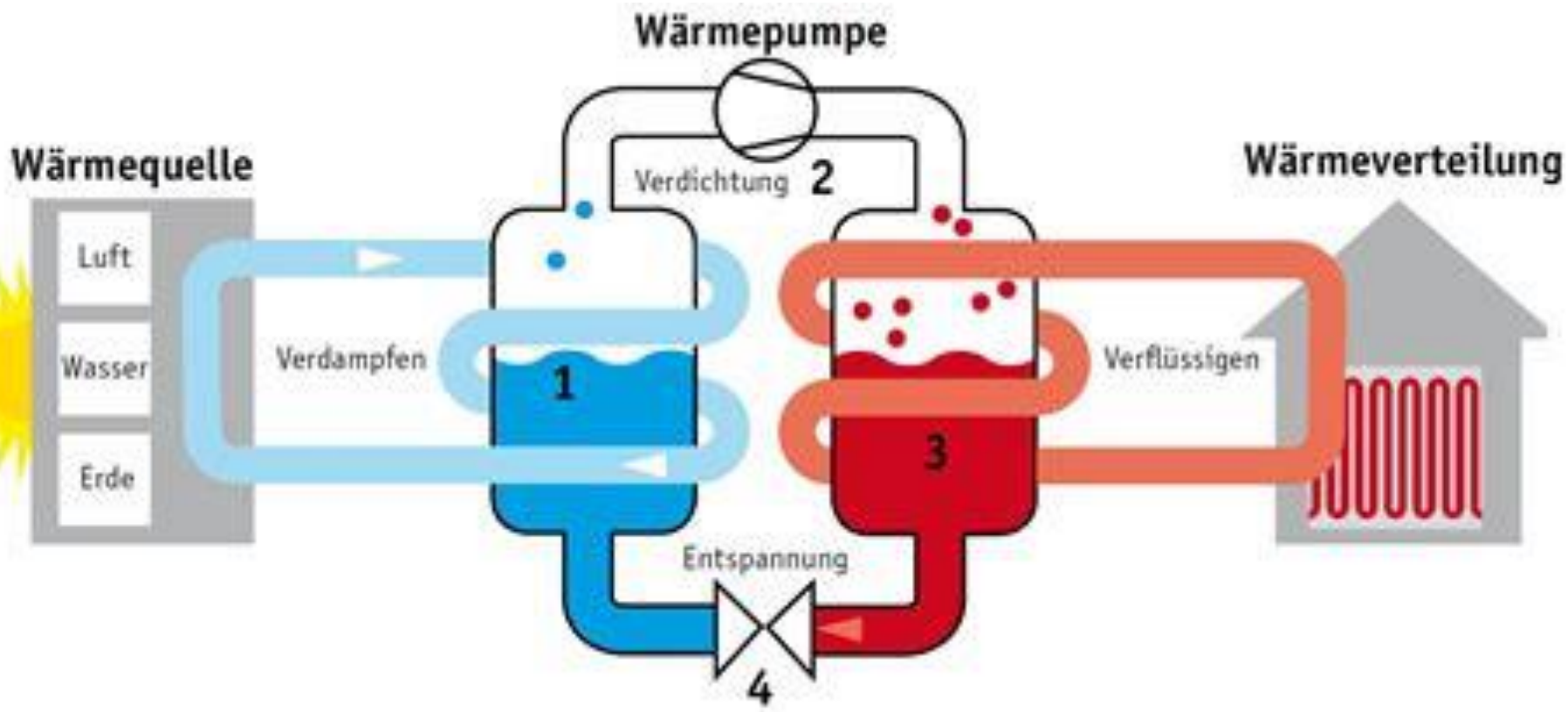
Was ist Wärme?

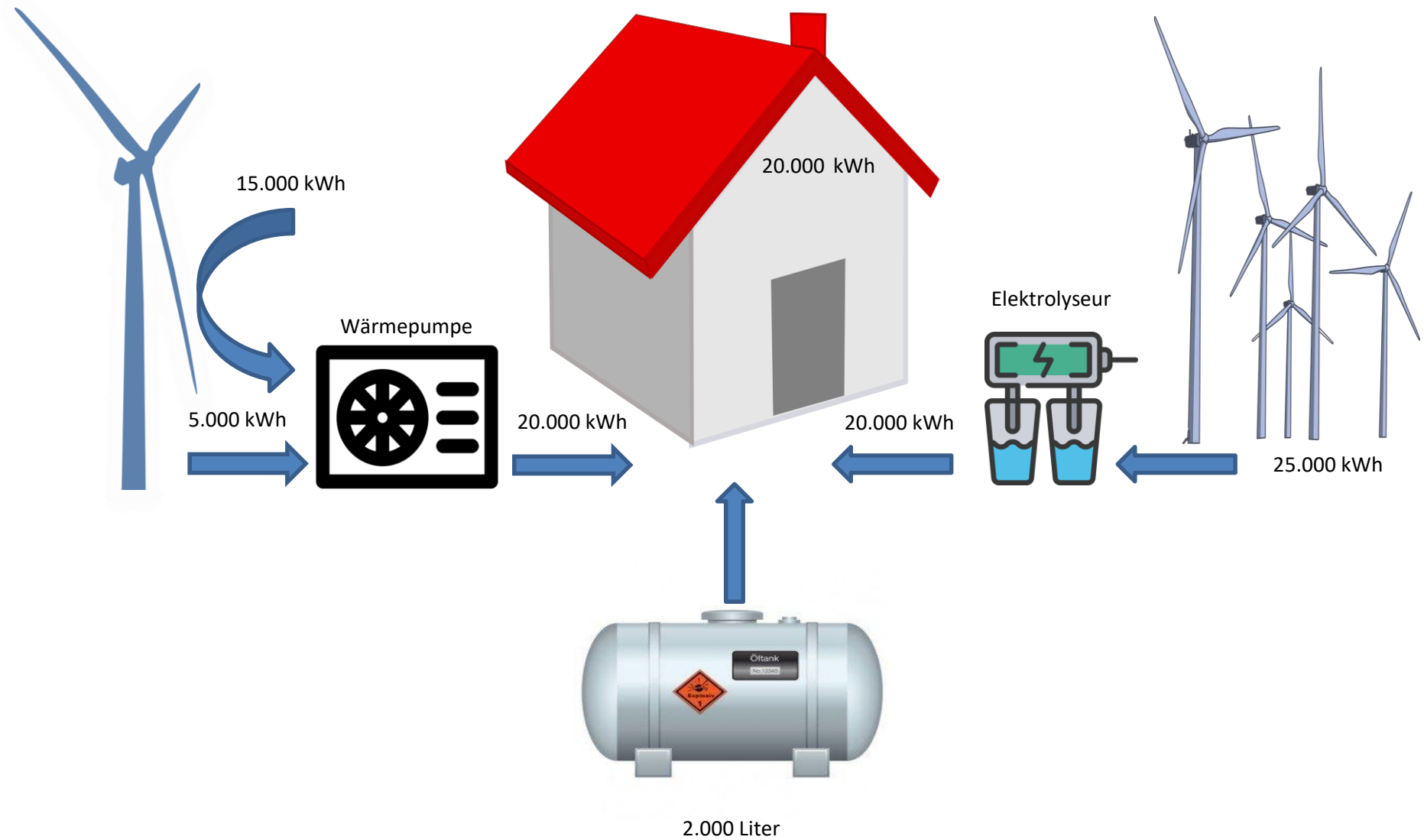


Wie funktioniert eine Wärmepumpe?



Wie funktioniert eine Wärmepumpe?





Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Luft-/Wasser-Wärmepumpe



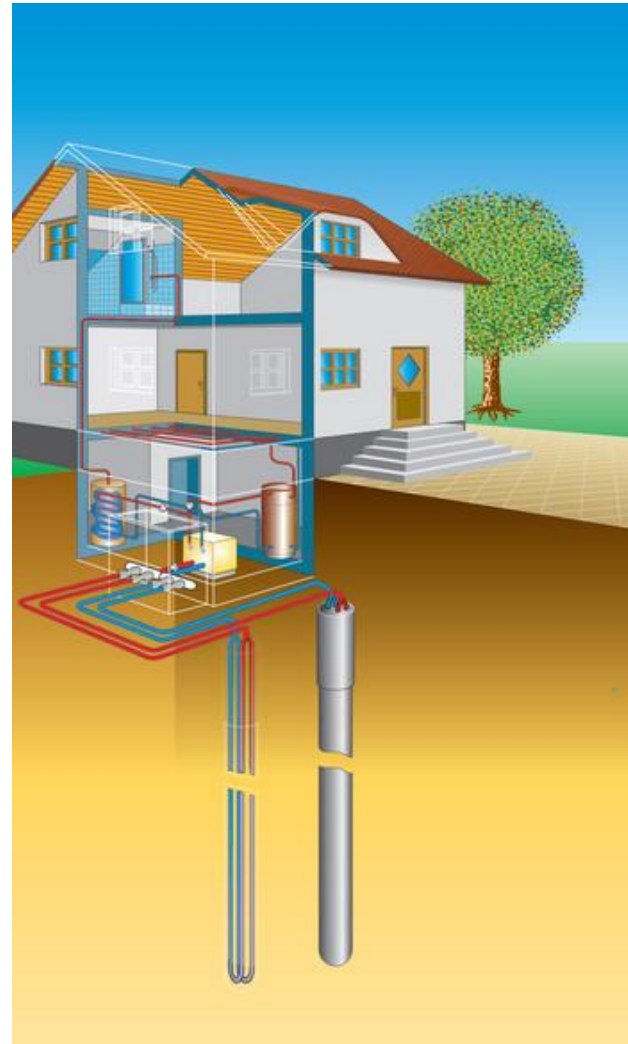
Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Luft-/Wasser-Wärmepumpe



Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Sole-/Wasser-Wärmepumpe



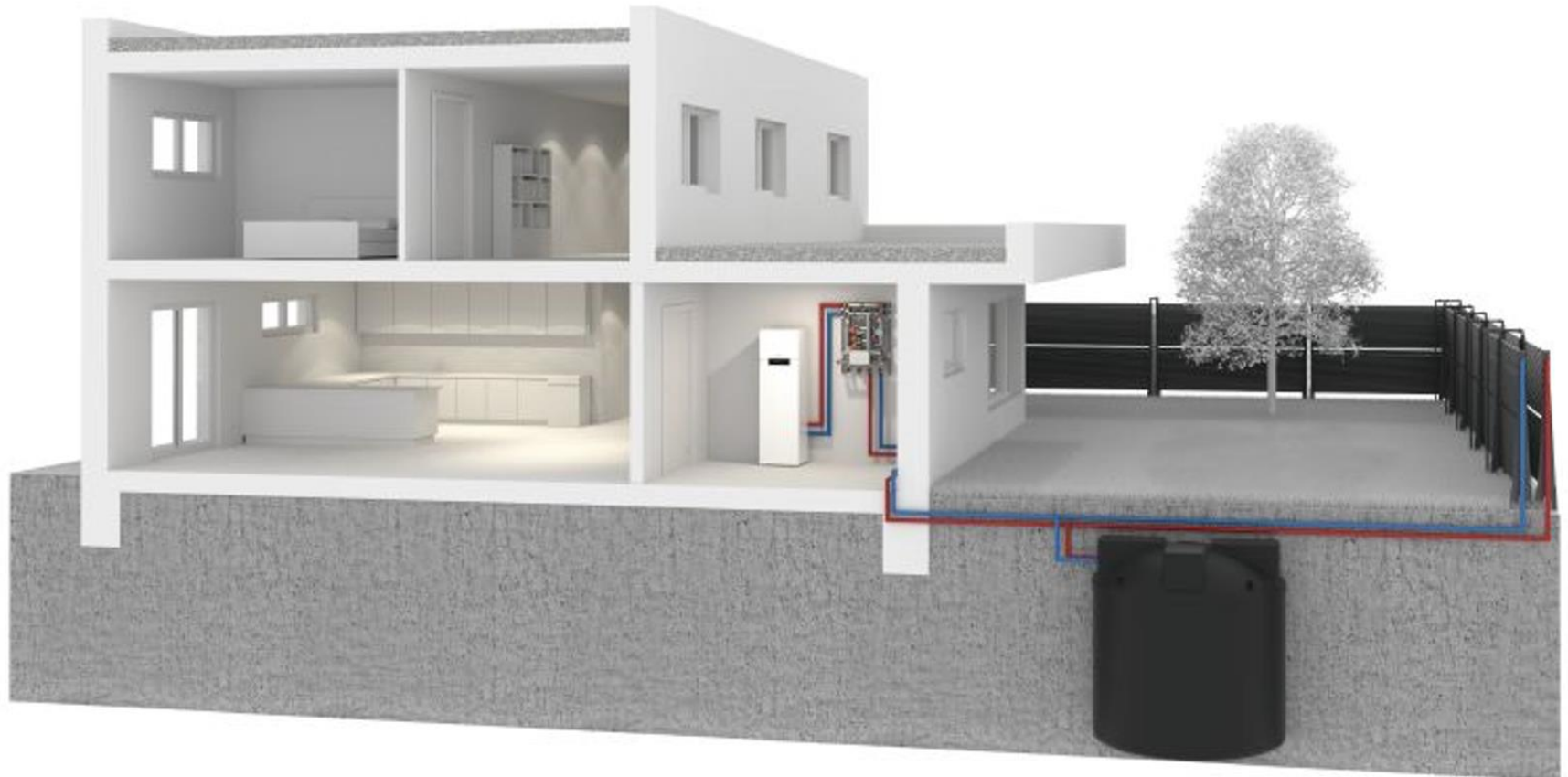
Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Sole-/Wasser-Wärmepumpe



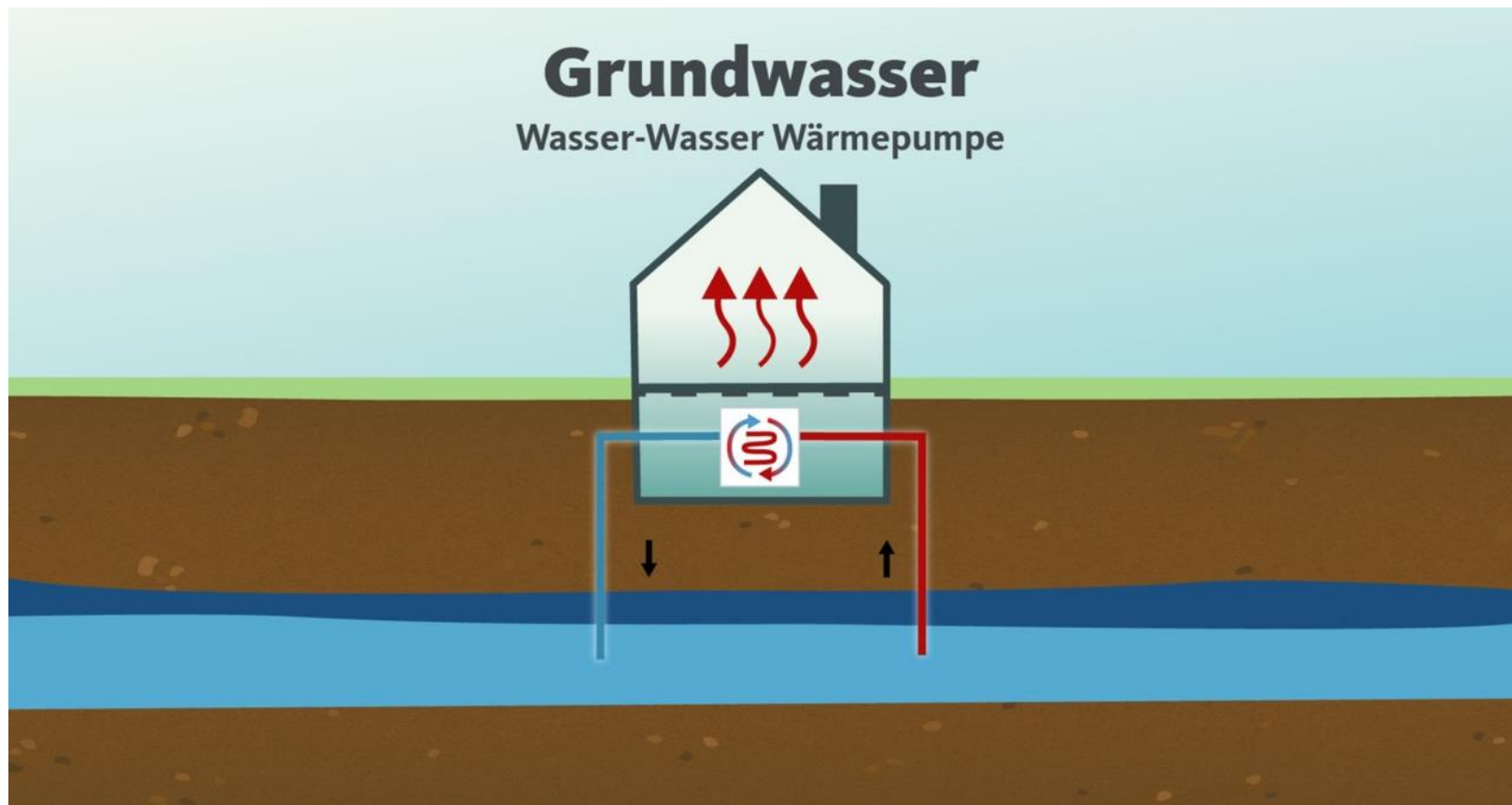
Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Sole-/Wasser-Wärmepumpe



Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Wasser-/Wasser-Wärmepumpe



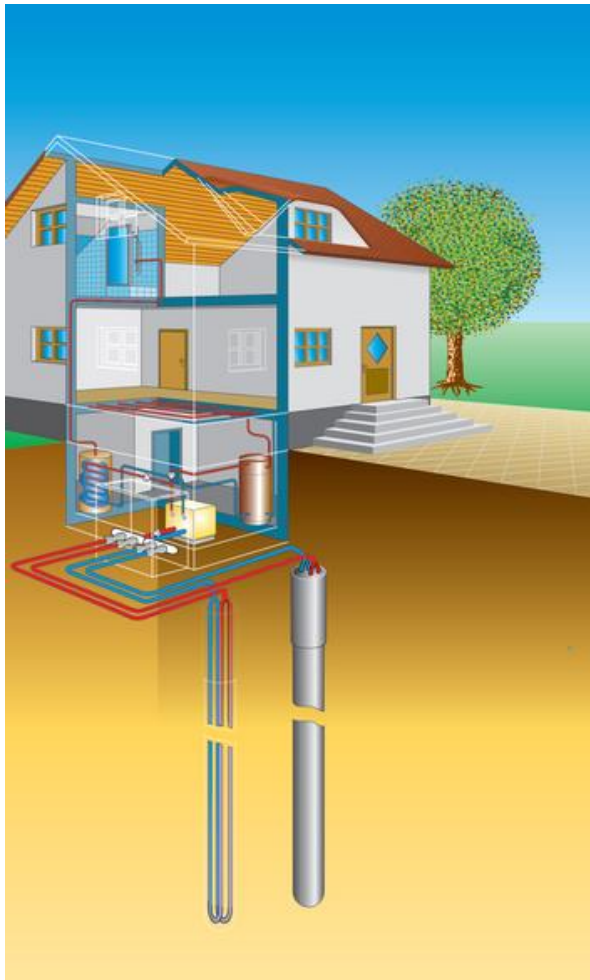
Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Luft-/Luft-Wärmepumpe

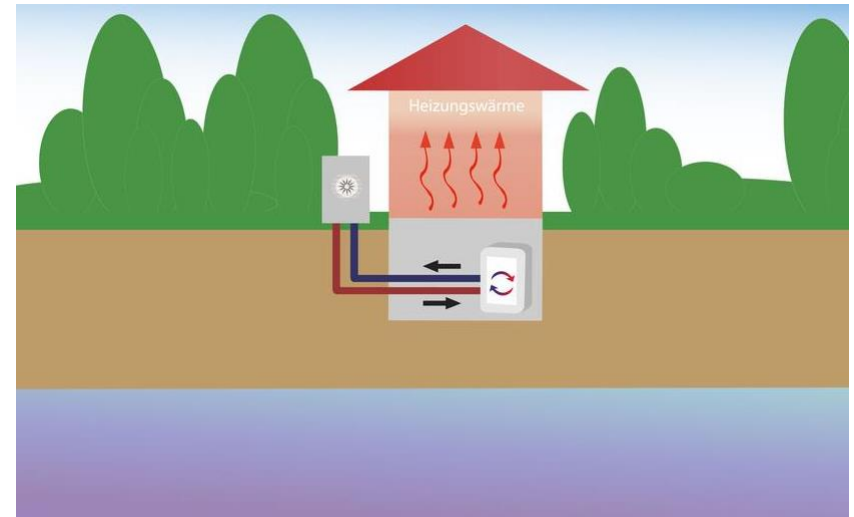


Welche Arten von Wärmepumpe gibt es?

- Sole-/Wasser kombiniert mit Luft-/Wasser-Wärmepumpe



+



Kennwerte von Wärmepumpen

- COP Coefficient of Performance
- SCOP Seasonal Coefficient of Performance
- JAZ Jahresarbeitszahl
- GWP Global Warming Potential

Kennwerte von Wärmepumpen

Den COP Wert richtig lesen

Der COP-Wert wird in der Form "Buchstabe, °C-Wert / Buchstabe, °C-Wert = COP-Wert" angegeben.

Beispiel für einen COP-Wert: B0/W35 = 4.

Der erste Wert gibt die Wärmequelle und deren Temperaturniveau an, wobei

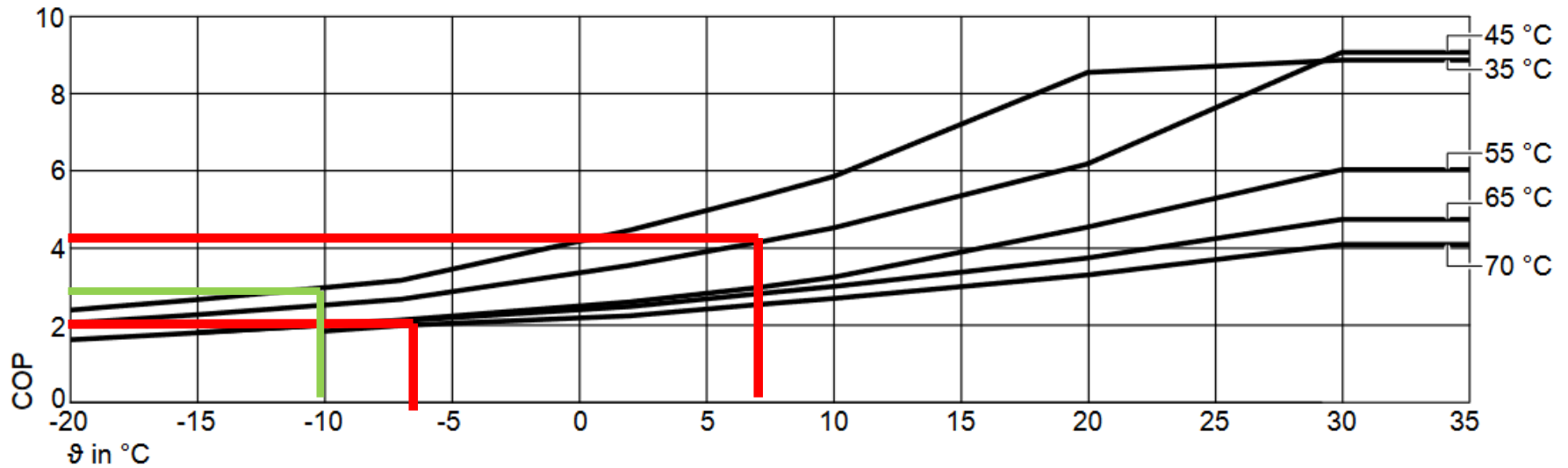
- B (Brine) für Erdreich (Sole/Wasser Wärmepumpe / Erdwärmepumpe)
- W (Water) für Grundwasser (Wasser/Wasser Wärmepumpe) und
- A (Air) für Luft steht (Luft/Wasser Wärmepumpe bzw. Luft/Luft Wärmepumpe).

Der zweite Wert gibt die Vorlauftemperatur für die Raumheizung an.

Im obigen Beispiel handelt es sich also um eine Erdwärmepumpe ("B"). Sie arbeitet bei einer Außentemperatur von null Grad Celsius und angeschlossen an ein Wärmeverteilsystem mit Wasser mit einer Vorlauftemperatur von 35 Grad Celsius (wohl eine Fußbodenheizung) mit einem COP-Wert von 4. Wenn diese Wärmepumpe eine Heizleistung von 16 Kilowatt (kW) hat, würde sie bei einem COP von 4 also 4 Kilowattstunden Strom benötigen, um zusätzlich 12 kWh Wärme aus dem Erdreich zu gewinnen.

Kennwerte von Wärmepumpen

Leistungszahl COP bei Vorlauftemperaturen 35 °C, 45 °C, 55 °C, 65 °C, 70 °C



Kennwerte von Wärmepumpen

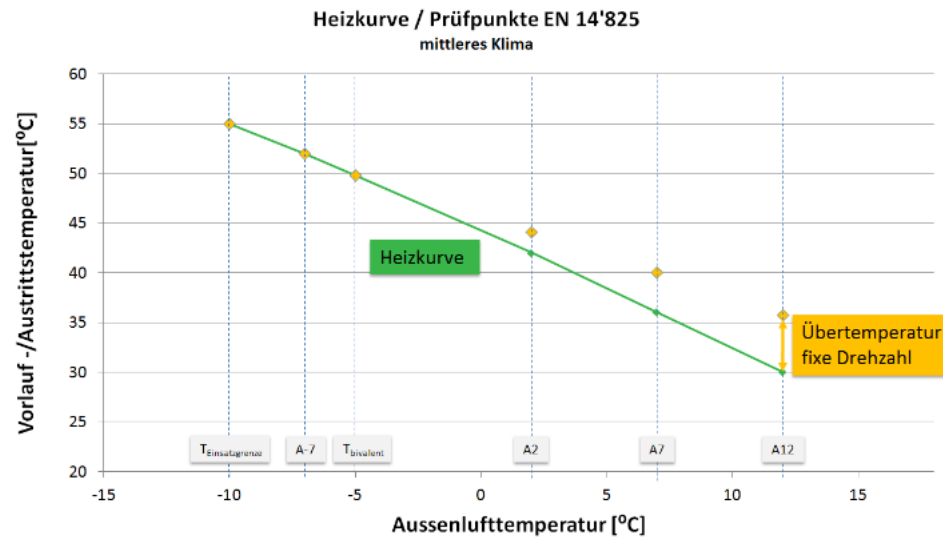
Betriebspunkt	W A	°C °C	45									
			-20	-15	-10	-7	2	7	10	20	30	35
Max. Wärmeleistung		kW	6,32	7,30	7,88	8,23	9,86	10,72	13,22	20,24	22,96	23,19
Nenn-Wärmeleistung		kW	6,32	7,30	7,88	8,23	5,53	6,95	7,59	10,08	13,00	13,00
Elektr. Leistungsaufnahme		kW	3,08	3,22	3,13	3,08	1,56	1,68	1,68	1,63	1,43	1,43
Leistungszahl ε (COP)			2,05	2,27	2,52	2,67	3,55	4,14	4,52	6,18	9,07	9,07
Min. Wärmeleistung		kW	2,50	2,55	2,26	2,09	2,00	2,34	2,57	3,49	4,32	4,32

Betriebspunkt	W A	°C °C	35									
			-20	-15	-10	-7	2	7	10	20	30	35
Max. Wärmeleistung		kW	6,72	7,72	8,96	9,70	10,97	11,95	15,84	20,73	22,40	22,40
Nenn-Wärmeleistung		kW	6,72	7,72	8,96	9,70	5,83	7,31	7,97	10,49	10,56	10,56
Elektr. Leistungsaufnahme		kW	2,81	2,90	3,01	3,07	1,31	1,38	1,36	1,23	1,19	1,19
Leistungszahl ε (COP)			2,39	2,66	2,97	3,16	4,46	5,31	5,85	8,55	8,87	8,87
Min. Wärmeleistung		kW	2,75	2,81	2,51	2,32	2,24	2,61	2,86	3,53	3,53	3,53

Kennwerte von Wärmepumpen

SCOP (Seasonal COP gemäss EN 14825)

SCOP basiert auf im Labor gemessenen COP-Werten (und Heizleistungen), in der Regel im Teillastbereich gefahren, bei mehreren Prüfpunkten, mit unterschiedlichen Wasser- und Luft-Temperaturen.



Kennwerte von Wärmepumpen

JAZ

Angaben zum Projekt

Name	Vortrag
Adresse	, 72555
Heizgrenztemperatur in °C	15
Vorlauftemperatur / Rücklauftemperatur in °C	45 / 38
Kombigerät	nein

Angaben zur Heizungswärmepumpe

Hersteller	Viessmann
Typenbezeichnung	Vitocal 150-A AWO-E-AC (-AF) 151.A10
Leistungszahl COP (A-7/W35 / A2/W35 / A7/W35)	3,00 / 4,10 / 5,00
Abtauverfahren (A2/W35)	Berücksichtigt in Prüfstandmessungen
Korrekturabschlag (A2/W35)	0,0
Nennleistung in kW (A7/W35)	7,30

Wärmequelle und Betriebsweise

Wärmequelle	Außenluft
Normaußentemperatur in °C	-11
Betriebsweise	monovalent

Berechnung ohne Backup (für die BAFA-Förderung relevant)

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe im Heizbetrieb	4,5
Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe für Trinkwassererwärmung	3,6
Gesamtjahresarbeitszahl der Wärmepumpenanlage	4,3

Kennwerte von Wärmepumpen

GWP

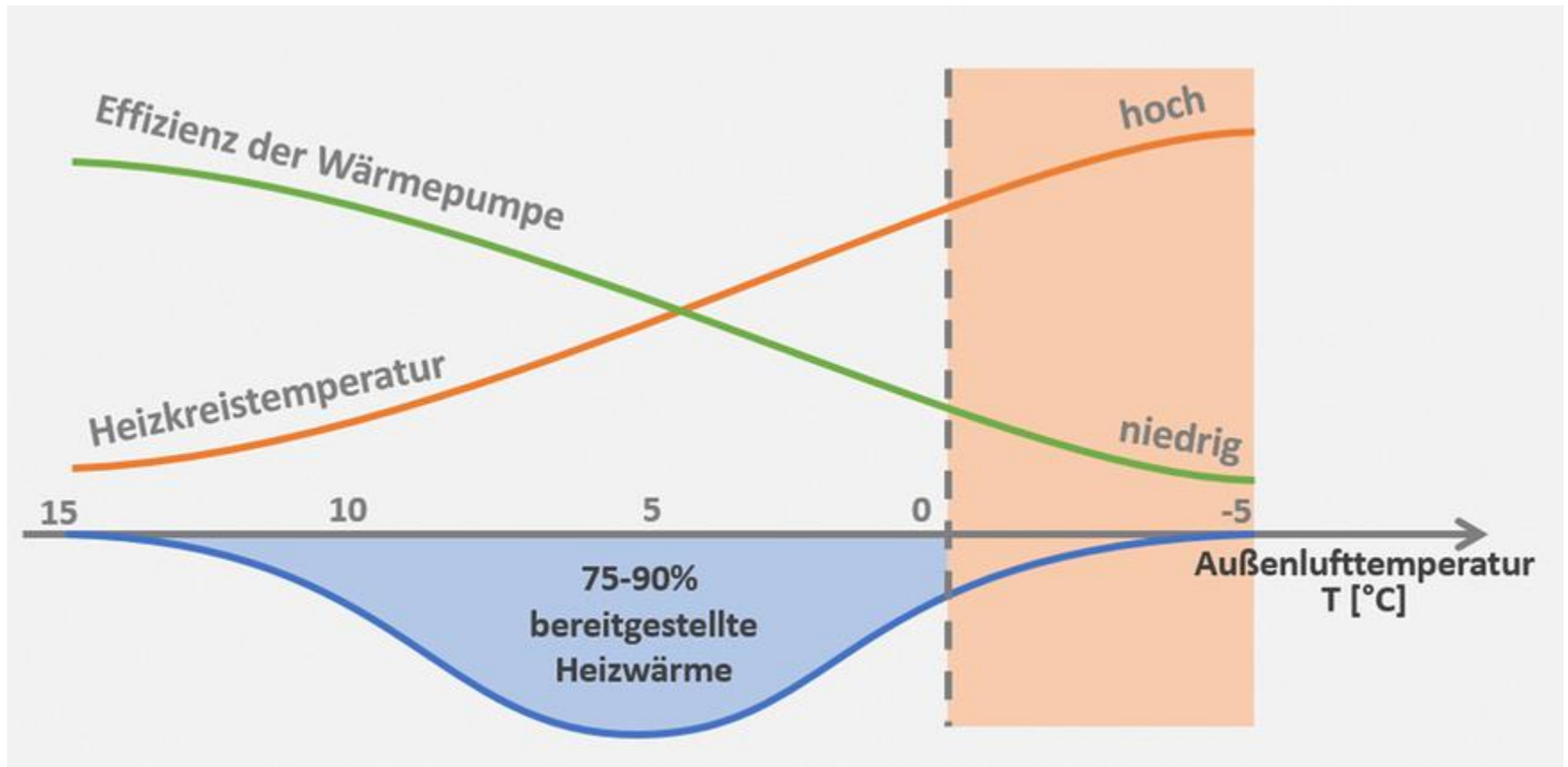
HFKW Kältemittel	GWP
R134a	1430
R404A	3922
R407C	1774
R407F	1825
R449A	1282
R1234yf	4
R410A	2088
R422D	2729
R32	675

natürliche Kältemittel	GWP
R744 CO ₂	1
R717 Ammoniak	0
R290 Propan	3
R600a Isobutan	3

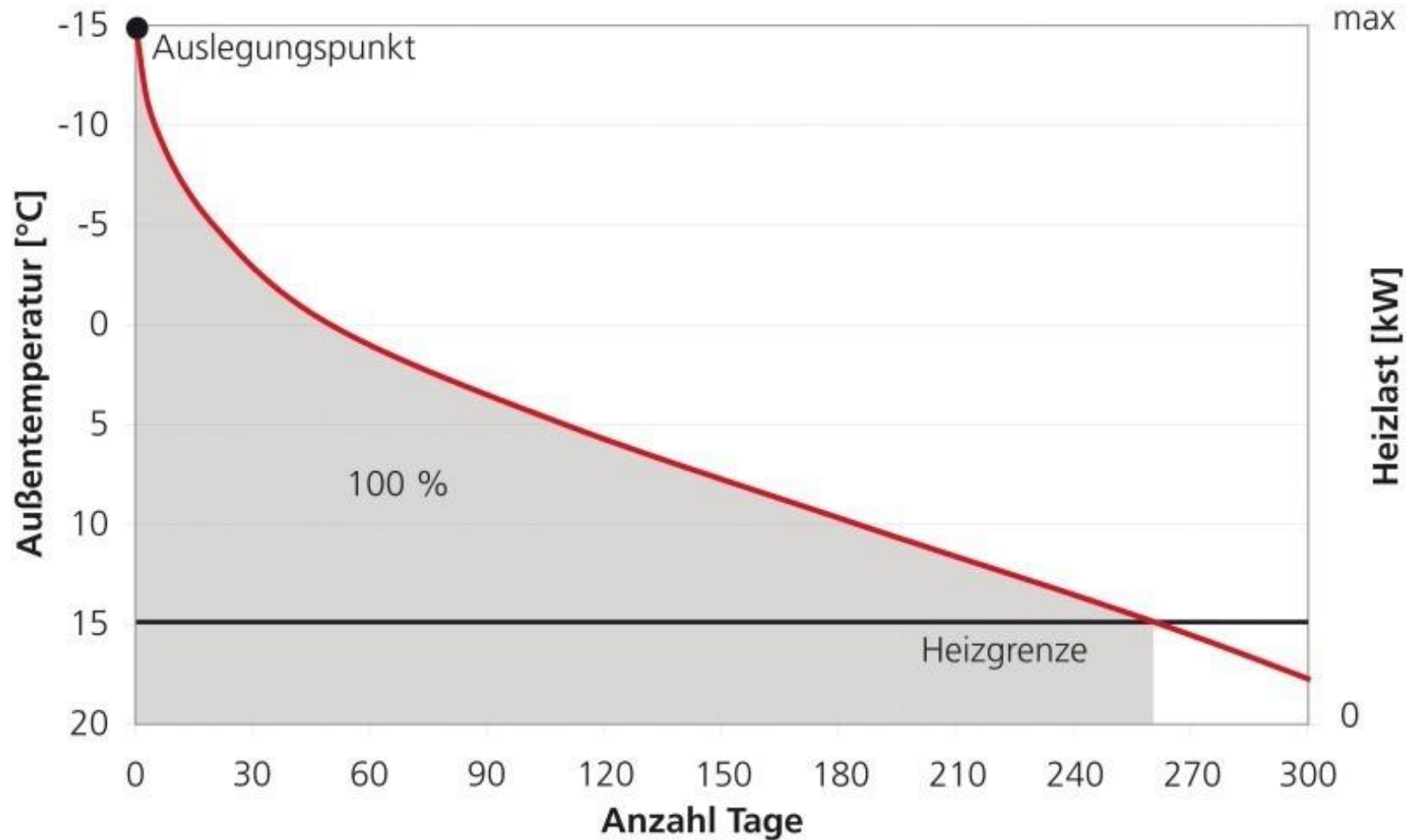
Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe



Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe



Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe



Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe

Wie kann das Problem der wenigen kalten Tage gelöst werden?

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe

Möglichkeit: 1




Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe

Möglichkeit: 2

Überprüfen der Heizkörper

- Berechnung der Heizlast (für jeden Raum)
- Ausmessen der Heizkörper
- Erstellen einer Leistungstabelle

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe

23999 Musterprojekt									20.04.2023	
Raum	Heizlast	HK - Höhe	HK - Länge	HK - Tiefe	HK-Typ	HK-Leistung 75/65	60/40	55/45		
Flur 2. OG	145	1200	800	70	2 S	1489	733	761		
Wohnen 2. OG	2871	500	2900	70	2 S	2600	1279	1329		
Essen/Küche 2. OG	1840	600	1660	100	3 S	2132	1049	1089		
Kind 2. OG (Wohnen klein)	1764	600	920	140	4 S	1596	785	816		
Bad + WC 2. OG	1433	600	660	180	5 S	1381	679	706		
Eltern 2. OG	1717	600	2060	100	3 S	3270	1609	1671		
Flur 1. OG	27	2000	550	70	2 S	1656	815	846		
WC	269	1000	800	40	1 S	590	290	301		
Küche	1295	1800	800	100	3 S	2822	1388	1442		
Bad	204	1800	600	40	1 lagig	806	397	412		
Veranda	1517	600	2040	100	3 S	2680	1319	1369		
Kind 2	1575	600	1820	140	4 S	3192	1570	1631		
Kind 1	1216	600	820	100	3 S	1097	540	561		
Wohnen	2334	600	900	140	4 S	1517	746	775		
		600	900	140	4 S	1517	746	775		
Eltern	2148	600	900	140	4 S	1517	746	775		
		600	900	140	4 S	1517	746	775		
WC EG	280	1000	450	40	1 lagig	348	171	178		
Diele	1054	2000	840	70	2 S	2718	1337	1389		
Windfang	715	600	1650	70	2 S	1631	802	833		
Teeküche	1415	2000	740	70	2 S	2928	1441	1496		
Veranda	1629	900	800	170	5 S	2538	1249	1297		
Hobbyraum	4330	600	880	140	4 S	1517	746	775		
		600	880	140	4 S	1517	746	775		
		600	880	140	4 S	1517	746	775		
		600	880	140	4 S	1517	746	775		

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe

Raum	Heizlast	HK - Höhe	HK - Länge	HK - Tiefe	HK-Typ	75/65	60/40	55/45	50/40
Kind 2	1575	600	1820	140	4 S	3192	1570	1631	1280
Kind 1	1216	600	820	100	3 S	1097	540	561	440
Diele	1054	2000	840	70	2 S	2718	1337	1389	1090

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe

Möglichkeit: 3

Reduzierung der Heizlast

(= Wärmedämmung)

Minimallösung

- Nach Hagelschaden ist oftmals das Dach gedämmt
- Fenster sind in der Regel auch „neu“
- Zusätzlich: Dämmung der Kellerdecke

Minimallösung

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 79 ff. Gebäudeenergiegesetz (GEG) vom 1 08.08.2020

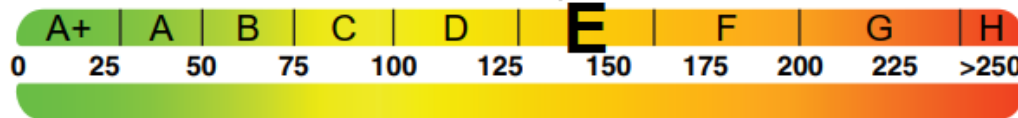
Berechneter Energiebedarf des Gebäudes Registriernummer: nicht registriert

2

Energiebedarf

Treibhausgasemissionen 65,12 kg CO₂-Äquivalent / (m²·a)

Endenergiebedarf dieses Gebäudes
139,4 kWh/(m²·a)



154,6 kWh/(m²·a)
Primärenergiebedarf dieses Gebäudes

Anforderungen gemäß GEG ²

Primärenergiebedarf

Ist-Wert kWh/(m²·a) Anforderungswert kWh/(m²·a)

Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T⁻¹

Ist-Wert W/(m²·K) Anforderungswert W/(m²·K)

Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) eingehalten

Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

- Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10
- Verfahren nach DIN V 18599
- Regelung nach § 31 GEG („Modellgebäudeverfahren“)
- Vereinfachungen nach § 50 Absatz 4 GEG

Endenergiebedarf dieses Gebäudes [Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

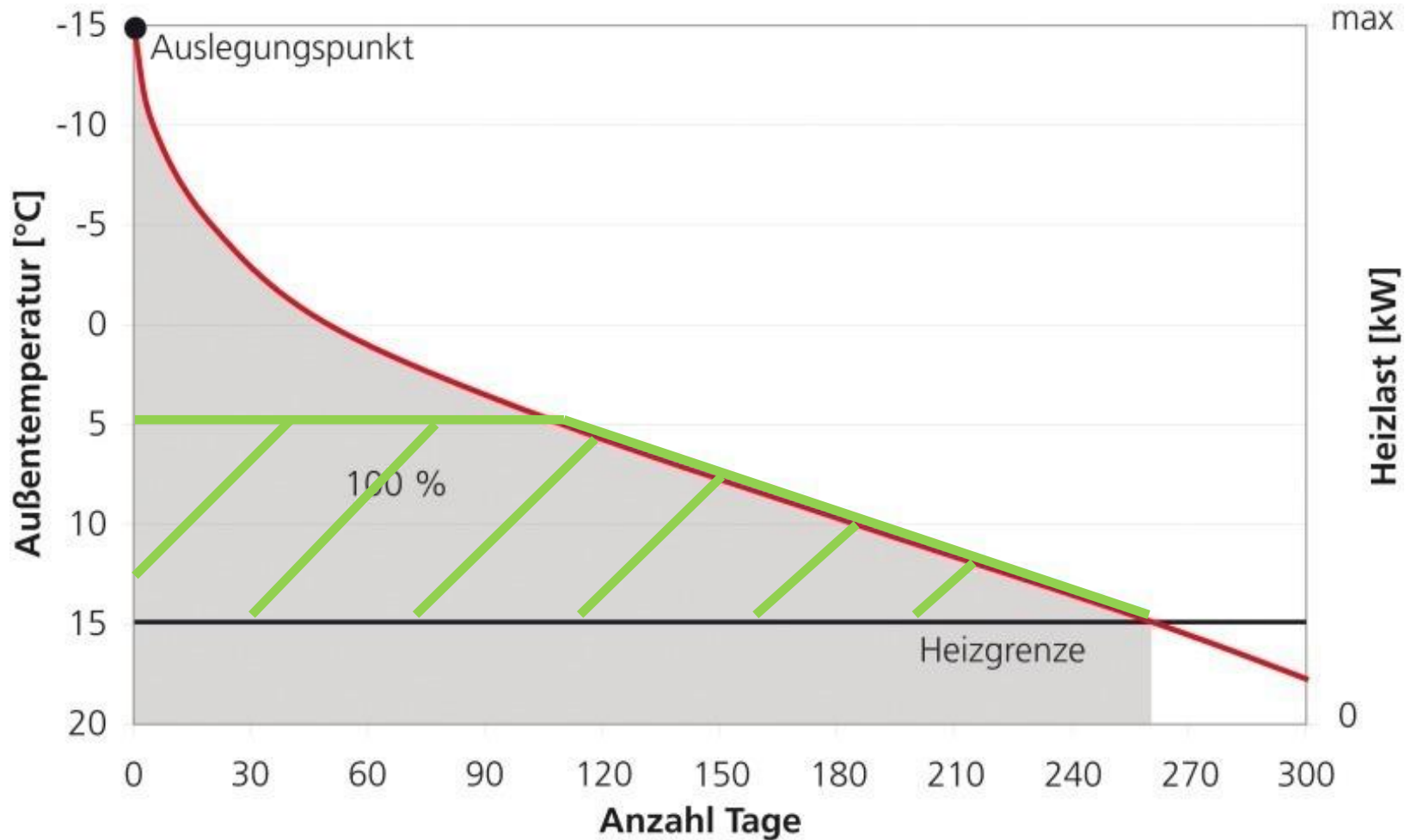
139,4 kWh/(m²·a)

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe

**Es besteht also (fast) immer eine Möglichkeit
eine Wärmepumpe einzubauen!**

- Reduzierung der Vorlauftemperatur
- Einbau größerer Heizkörper
- Dämmung Gebäude
- Einbau einer Hybrid-Heizung

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Wärmepumpe



Wo kann eine Wärmepumpe aufgestellt werden?

- Schall
- Landesbauordnung
- Brennbares Kältemittel

Wo kann eine Wärmepumpe aufgestellt werden?

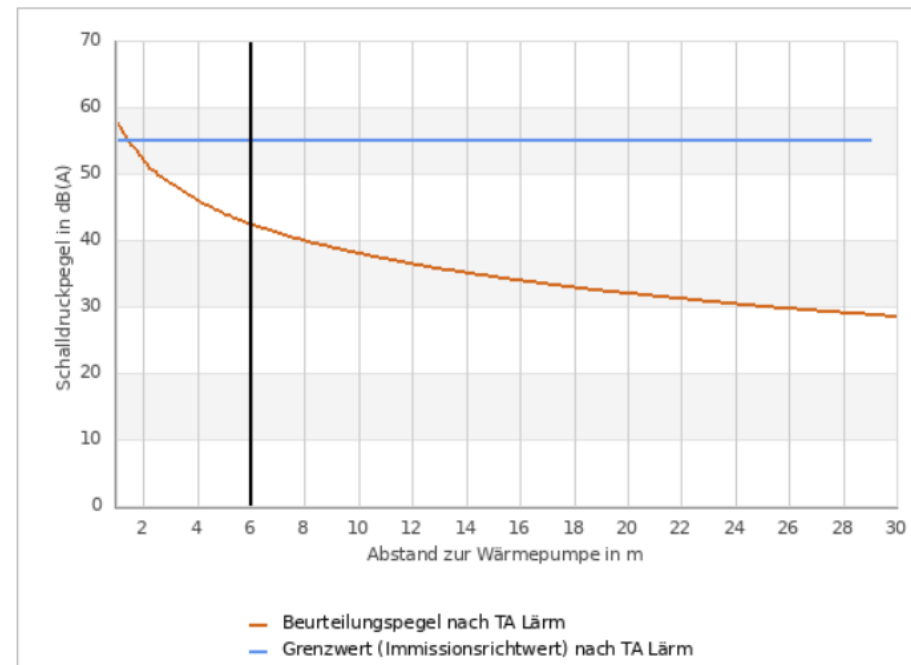
○ Schall (Tagbetrieb 6Uhr bis 22Uhr)

Tagbetrieb

Beurteilungspegel Lr:

42.4

✓ Unterschreitung des Immissionsrichtwertes der TA Lärm um 12.6 dB(A).



Wo kann eine Wärmepumpe aufgestellt werden?

○ Schall (Nachtbetrieb 22Uhr bis 6Uhr)

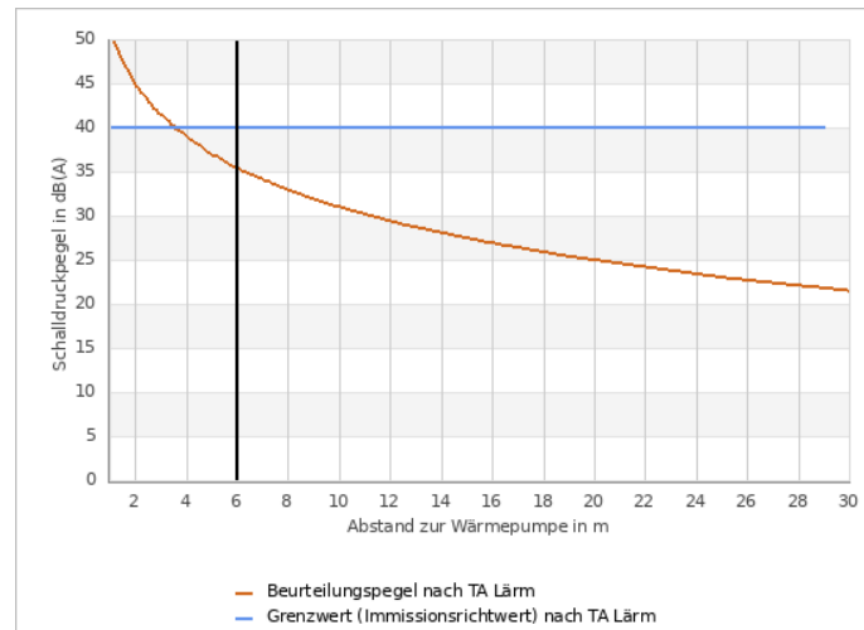
Nachtbetrieb

(mit Schallreduzierung)

Beurteilungspegel Lr:

35.4

✓ Unterschreitung des Immissionsrichtwertes der TA Lärm um 4.6 dB(A)



Wo kann eine Wärmepumpe aufgestellt werden?

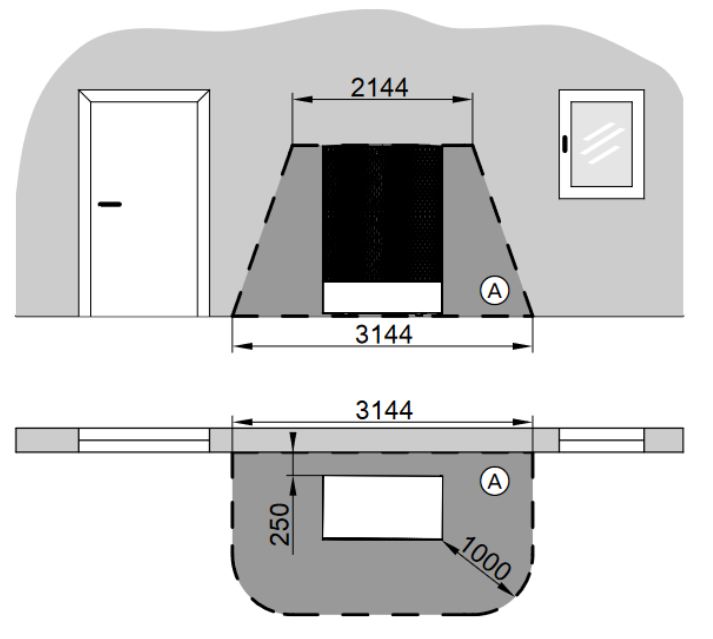
- Landesbauordnung

Eine Wärmepumpe ist **kein** Bauwerk und darf daher auf die Grenze gestellt werden.

Wo kann eine Wärmepumpe aufgestellt werden?

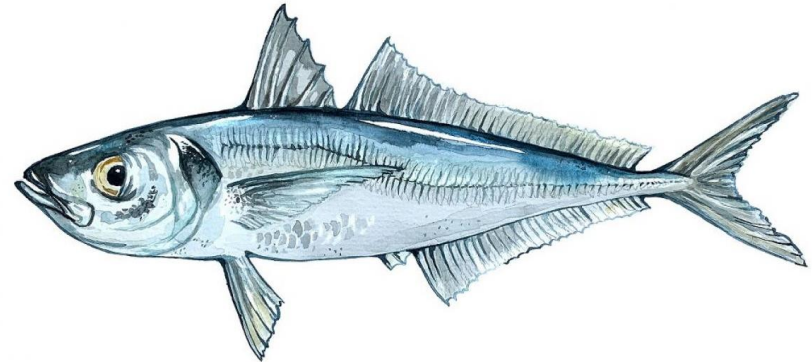
- Brennbares Kältemittel

Aufstellung der Außeneinheit vor einer Außenwand



Ⓐ Schutzbereich

Kosten von Wärmepumpen



Kosten von Wärmepumpen

- **Luft-Wasser-WP:** 35.000€ - 45.000€
- **Sole-Wasser-WP:** 50.000€ - 65.000€
- **Wasser-Wasser-WP:** 45.000€ - 55.000€

Zuschüsse für Wärmepumpen ab 1.1.2024

SO FÖRDERN WIR KLIMAFREUNDLICHES HEIZEN: DAS GILT AB 1. JANUAR 2024*



30% GRUNDFÖRDERUNG

Für den **Umstieg** auf **Erneuerbares Heizen**. Das hilft dem Klima und die **Betriebskosten bleiben stabiler** im Vergleich zu fossil betriebenen Heizungen.



30% EINKOMMENSABHÄNGIGER BONUS

Für selbstnutzende **Eigentümerinnen und Eigentümer** mit einem zu versteuernden Gesamteinkommen **unter 40.000 Euro pro Jahr**.



20% GESCHWINDIGKEITSBONUS

Für den **frühzeitigen Umstieg** auf Erneuerbare Energien **bis Ende 2028**. Gilt zum Beispiel für den Austausch von Öl-, Kohle- oder Nachtspeicher-Heizungen sowie von Gasheizungen (**mindestens 20 Jahre alt**).



BIS ZU 70% GESAMTFÖRDERUNG

Die Förderungen können auf bis zu **70% Gesamtförderung addiert werden** und ermöglichen so eine attraktive und nachhaltige Investition.



SCHUTZ FÜR MIETERINNEN UND MIETER

Mit einer **Deckelung der Kosten** für den Heizungstausch auf **50 Cent pro Quadratmeter und Monat**. Damit alle von der klimafreundlichen Heizung profitieren.

Zuschüsse für Wärmepumpen

- Einfamilienhaus: 30-70% von 30.000€
- Zweifamilienhaus: 30-70% von 45.000€
- 3-Familienhaus: 30-70% von 60.000€

Zuschüsse für Wärmepumpen

Beispiel:

- Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung.
- Luft-Wasser-Wärmepumpe kostet 45.000€
- Hausbesitzer verdient mehr als 40.000€/a
- Wärmepumpe hat umweltfreundliches Kältemittel
- Zuschuss: 55% von 30.000€: 16.500€
- Zuschuss: 35% von 15.000€: 5.250€
- Verbleibende Kosten: 23.250€

Zuschüsse für Wärmepumpen

Beispiel:

- Einfamilienhaus.
- Luft-Wasser-Wärmepumpe kostet 40.000€
- Hausbesitzer verdient weniger als 40.000€/a
- Wärmepumpe hat umweltfreundliches Kältemittel
- Zuschuss: 70% von 30.000€: 21.000€
- Verbleibende Kosten: 19.000€

Zuschüsse für Wärmepumpen

Durchführer	Richtlinien-Nr.	Einzelmaßnahme	Grundförder-satz	iSFP-Bonus	Effizienz-Bonus	Klima-geschwindig-keits-Bonus ²	Einkommens-Bonus	Fachplanung und Bau-begleitung
BAFA	5.1	Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle	15 %	5 %	–	–	–	50 %
BAFA	5.2	Anlagentechnik (außer Heizung)	15 %	5 %	–	–	–	50 %
	5.3	Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)						
KfW	a)	Solarthermische Anlagen	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
KfW	b)	Biomasseheizungen ¹	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
KfW	c)	Elektrisch angetriebene Wärmepumpen	30 %	–	5 %	max. 20 %	30 %	50 %
KfW	d)	Brennstoffzellenheizungen	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
KfW	e)	Wasserstofffähige Heizungen (Investitionsmehrausgaben)	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
KfW	f)	Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
BAFA	g)	Errichtung, Umbau, Erweiterung eines Gebäudenetzes ¹	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
KfW	h)	Anschluss an ein Gebäudenetz	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
KfW	i)	Anschluss an ein Wärmenetz	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
	5.4	Heizungsoptimierung						
BAFA	a)	Maßnahmen zur Verbesserung der Anlageneffizienz	15 %	5 %	–	–	–	50 %
BAFA	b)	Maßnahmen zur Emissionsminderung von Biomasseheizungen	50 %	–	–	–	–	50 %

Kosten von konventionellen Heizungen

- Ölheizung: 10.000 – 12.000€
- Solaranlage wg. EWärmeG: 8.000€ - 10.000€
- Zuschuss Solaranlage: 30% von 9.000€
- Verbleibende Kosten: 17.000€

Betriebskosten Vergleich

- Heizöl: 0,11€
- Wärmepumpenstrom: 0,25€

Betriebskosten Vergleich

- Ölheizung: 2.000Liter á 1,10€ = 2.200€
- Wärmepumpe:
- JAZ 2,5 8.000 kWh á 0,25€ = 2.000€
- JAZ 3,0 6.666 kWh á 0,25€ = 1.666€
- JAZ 3,5 5.714 kWh á 0,25€ = 1.428€
- JAZ 4,0 5.000 kWh á 0,25€ = 1.250€



Rath + Fritz Beratenden Ingenieure PartnerschaftGmbH



Bauphysik ■ Haustechnik ■ Brandschutz