

Klimafreundlich und bezahlbar mit Wärmepumpen heizen – Wissensgrundlagen und Praxiserfahrungen von Gebäudeeigentümer*innen

24.9.2024, Sandhausen

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Amany von Oehsen, BUND Heidelberg



Förderung durch Klimastromfond der Stadtwerke Heidelberg

Inhalte



- Warum elektrische Wärmepumpen nutzen?
- Klimaschutzpotenzial von Wärmepumpen
- Funktionsweise und Arten von Wärmepumpen
- Ist mein Gebäude und sind meine Heizkörper für Wärmepumpen geeignet?
- Staatliche Förderung
- Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit
- Wärmepumpen und PV kombinieren

Zusatzfolien bei Interesse und Zeit

- Schallschutz für Luft-Wärmepumpen
- Beispiele für Wärmepumpenstromtarife
- Wärmespeicher und EVU Sperre etc....

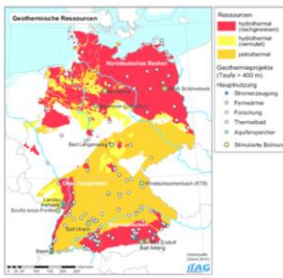
Warum elektrische Wärmepumpen?



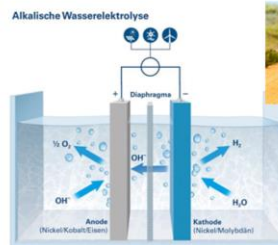
Solarthermie-Haus



Holzenergie?



Vorzugsgebiete für Tiefe Geothermie



Grüner Wasserstoff aus Australien?

Die meisten Studienergebnisse für unser zukünftiges Energiesystem, zeigen, dass elektrische Wärmepumpen die dominante Heiztechnik zur Beheizung der Gebäude sein werden. Woran liegt das? Wir haben nicht viele Alternativen, was klimafreundliches Heizen anbetrifft. Schauen wir uns einmal die Herausforderungen der Alternativen an:

1. Heizen mit Holz:

Bei der Wärmeerzeugung aus Holz gibt es die Problematik, dass Bäume relativ langsam wachsen. In Deutschland wachsen aktuell ca. 120 Mio. m³ pro Jahr nach. Würde man all dieses Holz direkt zum Heizen nutzen, so könnte man vom aktuellen Wärmebedarf von 1400 TWh in Deutschland nur ca. 16% des Endenergiebedarfs für Wärme damit decken. Eigentlich sollte aber ein großer Teil des Holzes zunächst für langlebige Produkte genutzt werden, also als Möbel und Holzfaserdämmstoff. Anschließend sollte das Holz möglichst recycled werden, um CO₂ möglichst lange zu speichern, bevor es dann als Altholz in Altholzheizkraftwerken verbrannt wird. Außerdem ist es unsicher bis hin zu unwahrscheinlich, dass der hohe Holzzuwachs, den wir im letzten Jahrzehnt hatten, im Zuge des Klimawandels langfristig bestehen bleibt.

Holz sollte auch nicht zu weit transportiert werden, damit die positive Energiebilanz nicht zu sehr leidet und eine Nachhaltigkeit nachvollzogen werden kann. Daher sollte das Holz nicht nur aus Deutschland, sondern sogar möglichst aus der Region kommen.

2. Heizen mit Biogas:

Auch das Potenzial von nachhaltig erzeugtem Biogas ist relativ begrenzt : Der Anbau von Mais um Biogas zu erzeugen, steht in Konkurrenz zur Futtermittel- und Nahrungsmittelproduktion. Und die Biogaspotenziale aus der Vergärung von Bioabfall sind relativ klein (sollten aber natürlich trotzdem genutzt werden)

3. Heizen mit Solarthermie

Ein weiteres Potenzial für die erneuerbare Wärmeerzeugung ist die Solarthermie, allerdings muss das Gebäude sehr gut gedämmt sein und Platz für große Wärmespeicher haben, damit ein hoher Anteil der Wärme im Haus aus Solarthermie bereitgestellt werden kann. Es gibt Häuser, die sich zu fast 100% mit Solarthermie versorgen, diese sind aber sehr gut gedämmte Niedrigenergiehäuser mit enorm großen Wärmespeichern.

4. Heizen mit Wasserstoff aus erneuerbarem Strom

Das Heizen mit elektrolytisch aus erneuerbarem Strom hergestelltem Wasserstoff in Gasheizungen hat das Problem, dass er für die nächsten 10 bis 20 Jahren sehr knapp und teuer bleiben wird. Auch aus Umweltsicht ist Wasserstoff in Gebäudeheizungen nicht zu befürworten.

5. Heizen mit Tiefengeothermie:

Der Oberrheingraben verfügt über hydrothermale Aquifere aus denen Wärme für Heizzwecke entnommen werden kann. Diese muss über Wärmenetze verteilt werden. Es ist absehbar, dass nicht alle Stadtteile von Heidelberg an das Fernwärmenetz angeschlossen werden können, somit kann nicht jeder Wärme aus Tiefengeothermie beziehen

Warum elektrische Wärmepumpen?

Stromerzeugungspotenzial von Wind und PV in Deutschland :

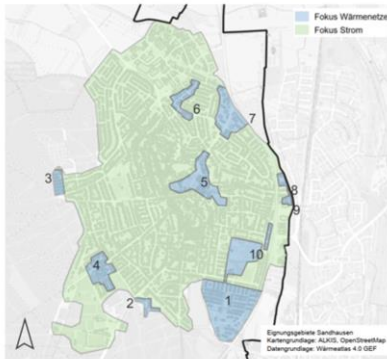
- Windenergie rund **2400 TWh/a** (laut Umweltbundesamt 2013). Das entspricht mehr als dem 4 fachen des aktuellen Stromverbrauchs
- Photovoltaik auf Dachflächen mindestens **250 TWh/a**
- PV Freiflächenanlagen: Auf 1,7% der aktuell landwirtschaftlich genutzten Fläche lassen sich weitere ca. **200 TWh/a** erzeugen

Würde man alle Gebäude in Deutschland ohne zusätzliche Dämmung auf Wärmepumpen umstellen, würde dieses einen Stromverbrauch von ca. **300 TWh/a** bedeuten



Elektrische Wärmepumpen können elektrischen Strom aus Windkraftanlagen und Photovoltaik-Anlagen nutzen. Zum Glück ist das Potenzial von Wind und PV in Deutschland sehr groß, so dass man für elektrische Wärmepumpen wesentlicher weniger Potenzialbeschränkungen hat, als bei Bioenergie, Solarthermie und erneuerbarer Wärme, die über Wärmenetze transportiert werden muss, wie zum Beispiel Tiefe Geothermie oder Wärme aus Altholzheizkraftwerken. Das Potenzial von Wind und PV in Deutschland ist so groß, dass der Strombedarf der elektrischen Wärmepumpen gut gedeckt werden können sollte.

Wärmepumpen spielen im Sandhäuser Wärmeplan eine große Rolle



Bildquelle: Schlussbericht kommunale Wärmeplanung Sandhausen

Die kommunale Wärmeplanung in Sandhausen, soll Bürger*innen und der Verwaltung die Richtung weisen, welche Heizung in welchen Bereichen der Kommune empfehlenswert ist. Wärmepumpen spielen im Sandhäuser Wärmeplan, wie man auf der Zeitachse sieht, eine sehr große Rolle.

Wie viel CO₂ lässt sich durch eine Wärmepumpe aktuell einsparen?

Beispielgebäude im Ausgangszustand:

- Ein- oder Zweifamilienhaus mit 150 m² Wohnfläche
- Teilsaniert : 16.000 kWh Wärmebedarf im Jahr
- Gasheizung mit Nutzungsgrad 90%



Annahmen für die Wärmepumpe:

- Jahresarbeitszahl: 3,8 (Luft-Wärmepumpe)
- CO₂ „Gehalt“ des Stroms: 0,5 kg/kWh

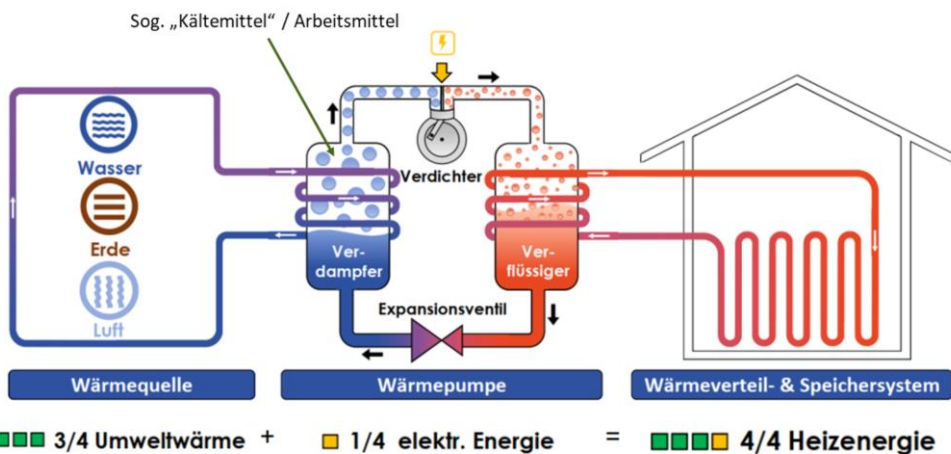
Einsparung von 50% der Emissionen bzw. von 2,2 Tonnen CO₂ im 1. Jahr, jedes Folgejahr wegen steigendem erneuerbarem Strom mehr



2,2 Tonnen
CO₂
Einsparung
im 1. Jahr

Die ungefähre CO₂ Einsparung pro Jahr ist hier für einen Beispielfall angegeben. Bei einem Ein- oder Zweifamilienhaus mit einem Wärmebedarf von 16.000 kWh pro Jahr, spart man mit einer effizienten Luftwärmepumpe ca. 2 Tonnen CO₂ pro Jahr im Vergleich zu einer typischen Erdgasheizung. Mit einer Erdwärmepumpe kann man sogar mehr CO₂ einsparen. Wenn die Luft-Wärmepumpe nicht ganz so effizient arbeitet und eine Jahresarbeitszahl von nur 3 erreicht, dann spart man immer noch mindestens 1,6 Tonnen CO₂ im Vergleich zu einer Erdgasheizung. Die CO₂ Einsparung im Vergleich zur Erdgasheizung steigt über die Jahre an, da der Anteil erneuerbarer Energien an der deutschen Stromerzeugung sehr stark zunimmt. 2030 soll der Anteil von erneuerbarem Strom 80 Prozent betragen.

Aufbau von Wärmepumpenanlagen



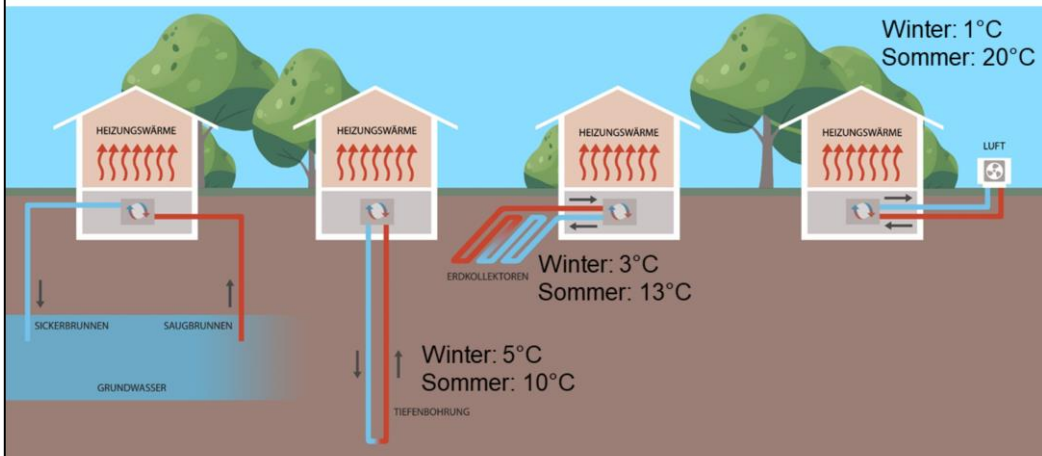
Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

Das Schema verdeutlicht die typische Funktionsweise von Wärmepumpen: Im typischen Fall zirkuliert ein flüssiges, sehr kaltes sogenanntes Kältemittel (oder Arbeitsmittel) in Rohren außerhalb des Hauses. Es kann bei sehr niedrigen Temperaturen verdampfen, zum Beispiel bei -30°C . Beim Zirkulieren in den Rohren nimmt es Wärme aus der Wärmequelle – also Luft, Erdboden oder Grundwasser – auf und verdampft dadurch. Diese Wärmeenergie ist nun im Kältemittel „gespeichert“ (gespeichert im Aggregatzustandswechsel). Der Druck des Kältemittelgases wird nun durch einen Verdichter (auch Kompressor) genannt unter höheren Druck gesetzt, bis es schließlich kondensiert. Bei der Steigerung des Druckes steigt die Temperatur, so dass bei der Kondensation im sog. „Verflüssiger“ Wärme abgegeben werden kann. Die Wärme wird über einen Wärmetauscher an das Heizungswasser abgegeben und ins Haus befördert, wo es zum Heizen genutzt werden kann. Das Kältemittel wird nach der Wärmeabgabe über ein Expansionsventil geführt, das den Druck des Kältemittels wieder erniedrigt. Das Kältemittel dehnt sich aus und kühlt ab. Es wird wieder in die Rohre zur Wärmeaufnahme aus der Umgebung geschickt, wodurch es wieder verdampft. Der Kreislauf ist somit beschrieben.

Bei elektrischen Wärmepumpen wird der Verdichter durch einen Elektromotor angetrieben. Wichtig ist es, sich zu merken, dass der Verdichter umso weniger Strom für den Antrieb benötigt, je kleiner der Temperaturunterschied zwischen der Wärmequelle und dem Heizwasser ist. In dem Bild wird zum Erzeugen von 4 Einheiten Wärme, eine Einheit Strom benötigt. Das ist recht gut. Für dieses Beispiel könnte die Temperatur des Heizwassers in den Heizkörpern bei 45°C liegen und die Temperatur der Wärmequelle bei 7°C . Braucht man in den Heizkörpern mehr Temperatur um das Haus warm zu bekommen, zum Beispiel 55°C , so benötigt man in der Regel rund 30% mehr Strom (der genaue Wert hängt vom Wärmepumpenmodell ab, die Größenordnung ist aber für alle in etwa 30%).

Damit die Stromkosten für Wärmepumpen nicht zu hoch liegen und damit das Klimaschutzpotenzial der Wärmepumpen möglichst hoch liegt, ist es also wichtig, dass das Heizungswasser nicht zu heiß ist. Wovon hängt es ab, wie heiß, das Heizungswasser sein muss?

Wärmequellen von Wärmepumpen



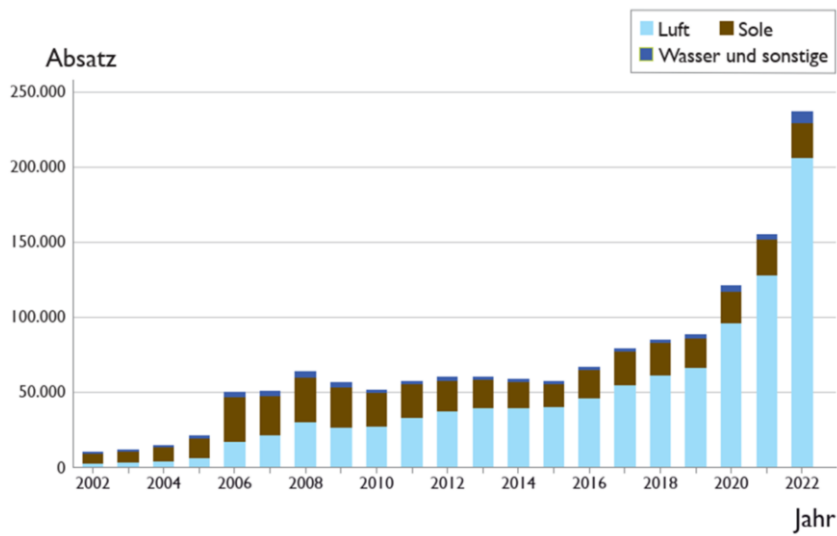
Graphik: Monika Baumbach

Die Temperatur der Wärmequelle hat natürlich ebenfalls einen wichtigen Einfluss auf die Effizienz / den Stromverbrauch von Wärmepumpen. Die üblichen Wärmequellen sind Grundwasser, Erdreich und Luft. Wärme aus dem Erdreich kann man entweder oberflächennah mit Erdwärmekollektoren nutzen, die als Schläuche in Gräben ca. 1-2 Meter unter der Oberfläche verlegt werden. Oder mit Erdsonden, bei denen ein Schlauch 30 bis 150 Meter tief in den Boden eingebracht wird.

Luft als Wärmequelle hat im Winter, wenn der meiste Heizenergiebedarf anfällt, den Nachteil, dass die Luft relativ kühl ist und die Heizwassertemperatur hoch.

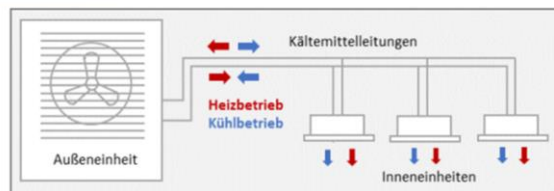
Dann sind Erdwärmepumpen im Vorteil, da die Temperatur im Winter fast immer höher ist als die der Luft. Bei den Erdsonden ist es wärmer als bei den Erdwärmekollektoren. Allerdings sind Erdwärmesonden deutlich teurer in der Anfangsinvestition als Luftwärmepumpen.

Trend geht zur Luftwärmepumpe



Quelle: Bundesverband Wärmepumpe Branchenstudie 2023

Neuer Trend: Heizen mit Klimagerät (Luft-Luft-Wärmepumpe)



Ist meine Gebäude für eine Wärmepumpe geeignet?

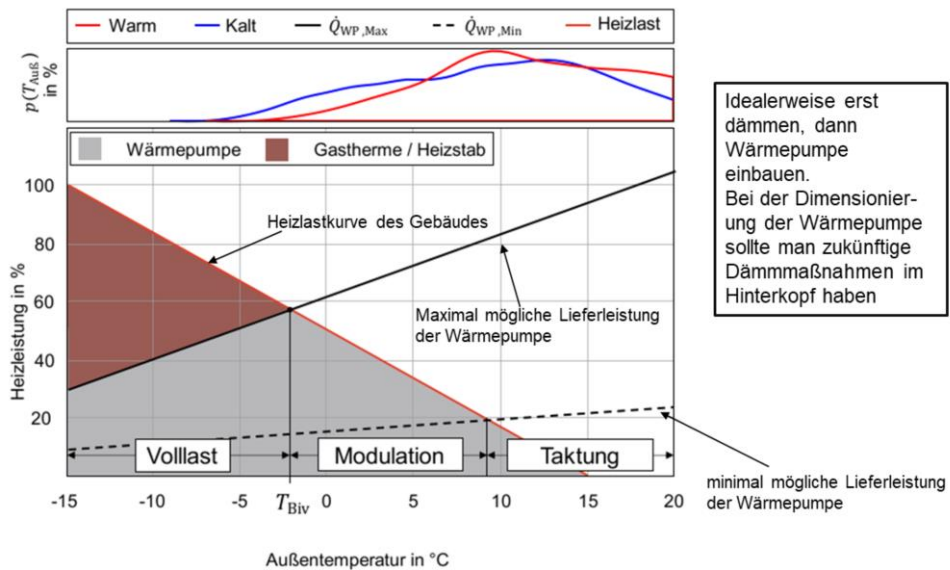


- Gebäude in sehr schlechtem energetischen Zustand :
Wärmeverbrauch über 160 kWh/m²a
-> lieber erstmal dämmen/bessere Fenster einbauen
- 75 – 160 kWh/m²a: Wärmepumpe kann ohne zusätzliche Dämmung eingebaut werden, aber sollte gut auf zukünftige Dämmmaßnahmen abgestimmt werden
- Gebäude mit unter 75 kWh/m²a-> ja zur Wärmepumpe ohne Einschränkungen

Energieeffizienzklasse	Endenergiebedarf oder -verbrauch*
A+	unter 30 kWh/(m ² a)
A	30 bis unter 50 kWh/(m ² a)
B	50 bis unter 75 kWh/(m ² a)
C	75 bis unter 100 kWh/(m ² a)
D	100 bis unter 130 kWh/(m ² a)
E	130 bis unter 160 kWh/(m ² a)
F	160 bis unter 200 kWh/(m ² a)
G	200 bis unter 250 kWh/(m ² a)
H	über 250 kWh/(m ² a)

Anmerkung: bis vor kurzem stand eine Sanierungspflicht auf der politischen Agenda der EU. Diese sollte Gebäudebesitzer dazu verpflichten, Sanierungsmaßnahmen vorzunehmen, wenn ihre Gebäude nur ein Energieeffizienzniveau der Klasse G oder gar H erreichen. Bis 2030 sollten sie in die Klasse F aufsteigen müssen. So war es in einer Gesetzesnovelle für eine neue **Europäische Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie (EPBD)** formuliert. Die Sanierungspflicht für Wohngebäude ist nun jedoch vom Tisch.

Ein besonders wichtiger Aspekt für die Auslegung einer Luft-Wärmepumpe: Taktung vermeiden!



Bei der Wahl der Leistungsgröße einer Luftwärmepumpe sollte man darauf achten, dass die Wärmepumpe nicht zu groß gewählt wird, denn es gibt eine minimale Leistung, die sie erbringen kann. Wenn der Wärmebedarf unter der minimalen Leistung liegt, aber nicht bei Null, so muss die Wärmepumpe oft an und aus schalten und dieses kann die Lebensdauer der Wärmepumpe erheblich verkürzen. Auf diesen Aspekt muss man besonders achten, wenn man vor hat, in Zukunft zu sanieren.

Die maximale Leistung wählt man so, dass bei einer Außentemperatur von -2 bis -7°C (standortabhängig), der sogenannten Bivalenttemperatur der Wärmebedarf des Hauses gerade noch über die Wärmepumpe alleine gedeckt werden kann. Wenn es kälter wird, so kommt ein elektrischer Heizstab oder ein anderer zusätzlicher Wärmeerzeuger hinzu. Da die sehr kalten Tage mit unter -2 bis unter -7°C (je nach Standort) selten sind, deckt 95% der Wärmeenergie des Hauses die Wärmepumpe ab und nur 5% der Zusatzwärmeerzeuger. Auf diese Weise vermeidet man zum Einen überhöhte Investitionskosten für eine große Wärmepumpe und zum Anderen, dass die Wärmepumpe bei milden Temperaturen oft an und ausschalten muss.

Heizkörper – wann sind sie für Wärmepumpen geeignet?

Schlecht gedämmtes Gebäude/ wenige Heizkörper im Raum: 55-65°C



Besser gedämmtes Gebäude/mehr Heizkörper im Raum: 40°- 55°C



Flachheizkörper, auch Plattenheizkörper genannt

Schlecht gedämmtes Gebäude/ wenige Heizkörper im Raum: 60-80°C



Besser gedämmtes Gebäude/mehr Heizkörper im Raum: 50°-70°C

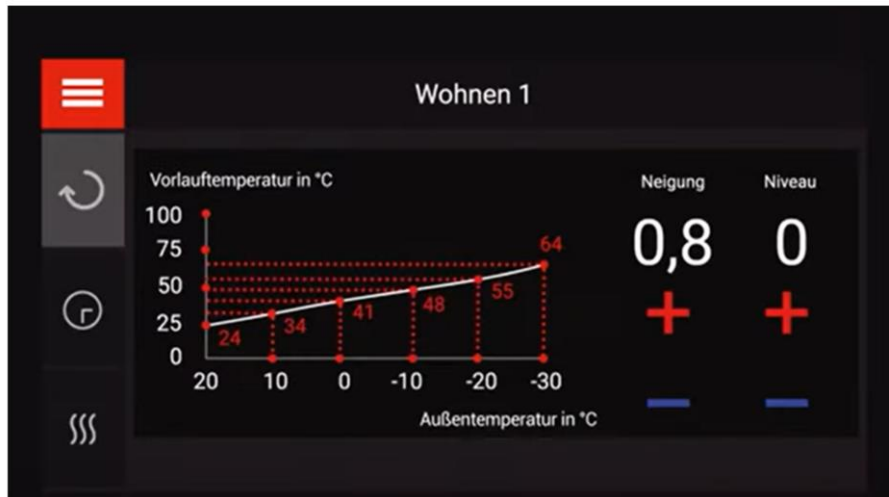


Rippen- bzw. Gliederheizkörper

Welche Vorlauftemperatur man an kalten Wintertagen zum Heizen benötigt, hängt von der Dämmung des Gebäudes und von der Größe und dem Aufbau der Heizkörper ab.

Flachheizkörper (auf der Folie links) brauchen in der Regel niedrigere Vorlauftemperaturen als Rippenheizkörper (Bild rechts). Bei einem guten Dämmstandard des Gebäudes, vielen Flachheizkörpern je Raum oder sehr dicken Flachheizkörpern, kann man es mit Flachheizkörpern schaffen, dass die Vorlauftemperatur des Heizwassers ganzjährig 40°C nicht übersteigt. Das sind sehr gute Voraussetzungen für Wärmepumpen. Wenn das Gebäude schlechter gedämmt ist, dann und man schmale, kleine oder wenige Flachheizkörper pro Raum hat, dann beträgt die maximale Vorlauftemperatur im Jahr vielleicht 55°C, was immer noch in Ordnung für den Einsatz von Wärmepumpen wäre.

Wie finde ich die Heizkurve meiner Heizung?



Moderne Heizungen zeigen die Heizkurve auf Ihrem Display an. Bei älteren Heizungen sieht man möglicherweise nur eine analoge Temperaturanzeige.

Heizkörper für Wärmepumpen

Klassischer Heizkörper, der einfach
etwas breiter oder dicker ist

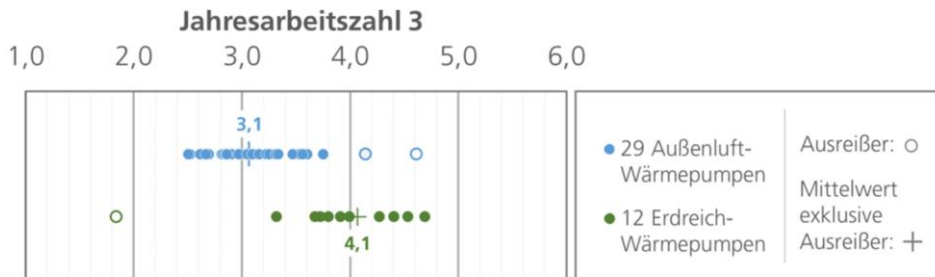


Heizkörper mit kleinen Ventilatoren



Neue
Niedertemperatur-
Heizkörper können
mit 15-20%
gefördert werden!

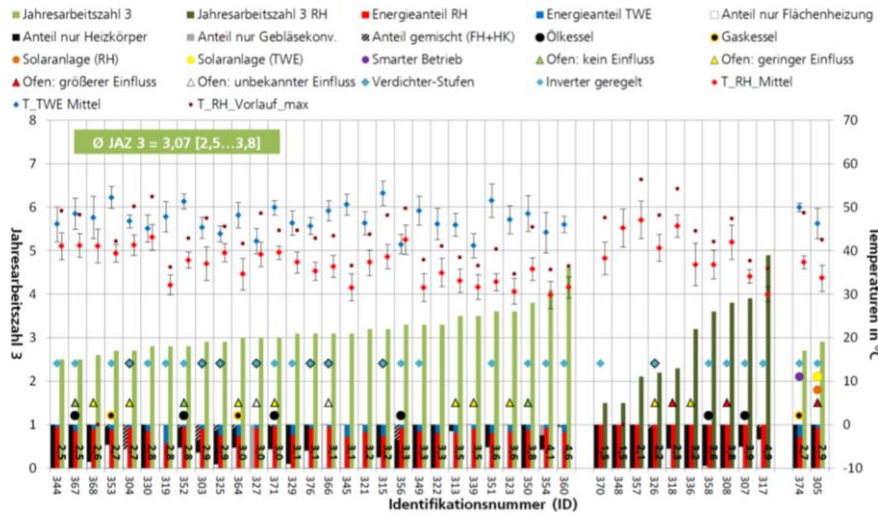
Effizienz im Feldtest – Studienergebnisse des Fraunhofer ISE 2019



- Es wurden Wärmepumpen mit Baujahr 2006 bis 2017 getestet
- Die meisten Wärmepumpen arbeiteten gut und hatten keine Störungen
- Das entscheidende **Kriterium für die Effizienz ist die Heizkreistemperatur**, nicht (oder nur indirekt) der Dämmstandard des Gebäudes
- Die Außentemperaturen im Testzeitraum Juni 2018 bis Juni 2019 waren 10% höher als im langjährigen Durchschnitt

Der Feldtest des Fraunhofer Instituts zeigte, dass die Wärmepumpen sehr unterschiedlich effizient arbeiteten. Erdwärmepumpen waren im Durchschnitt 30% sparsamer im Stromverbrauch als Luft-Wärmepumpen.

Detaillierte Ergebnisse Fraunhofer ISE Feldtest



Quelle: Fraunhofer ISE Abschlussbericht „Wärmepumpen in Bestandsgebäuden“

Luft- und Erdwärmepumpen im Vergleich



	Erdwärmepumpen	Luft-Wasser-Wärmepumpen
Stromverbrauch	Durchschnittlich rund 30% niedriger als bei Luft-Wärmepumpen	höher
Investitionskosten	Deutlich höher. Für ein EFH fallen größenordnungsmäßig 10.000 Euro zusätzlich für die Bohrung an	niedriger
Wirtschaftlichkeit über 15 Jahre	Abhängig von Strompreis und Wärmeverbrauch: In nicht so gut gedämmten Gebäuden oder in Gebäuden mit viel Wohnfläche und bei Strompreisen über 30 ct/kWh kann die Erdwärmepumpe ihre höheren Investitionskosten wieder reinspielen	
Installationsaufwand	hoch	niedriger
Staatliche Förderung	35-55% (förderfähige Kosten sind aber auf 30.000 Euro für EFH gedeckelt ☹)	30-55%
Lautstärke	Es gibt keinen Ventilator, dessen Geräusche Nachbarn stören kann bzw. für den Schallschutzmaßnahmen ergriffen werden müssen. Nur der Verdichter verursacht Geräusche	Ventilator & Kompressor können Schallschutz erforderlich machen
Kühlen im Sommer	Kühlen mit sehr niedrigem Stromverbrauch ist möglich, wenn man passende Heizkörper hat	Stromverbrauch zum Kühlen deutlich höher

„ISONG“ Wasserschutzgebiete

 **ISONG: Wasser- und Heilquellenschutzgebiete (ausführliche Legende)**


Umrandung

 rechtskräftiges Schutzgebiet


Bau von Erdwärmesonden

 aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht erlaubt

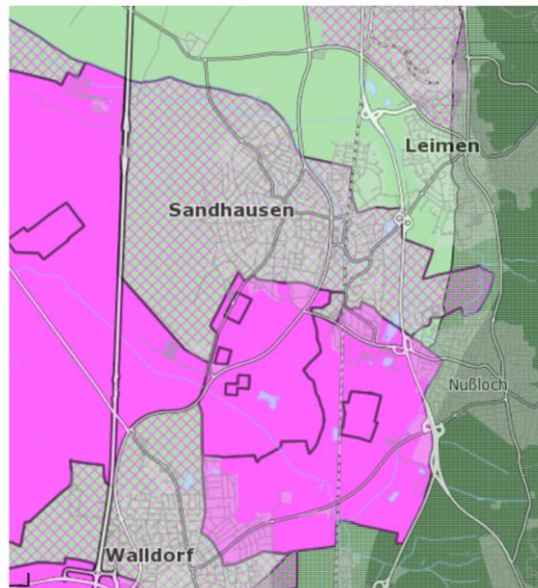
 aus hydrogeologischer Sicht möglich (i.d.R. nur mit Wasser zu betreiben)

 aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht erlaubt (Zone IIIB von Grundwasserleitern mit sehr hoher Fließgeschwindigkeit ohne ausreichend mächtige schützende Überdeckung)

 aus hydrogeologischer Sicht möglich (i.d.R. nur mit Wasser zu betreiben; WSG-Zone III, IIIA und HQS Zone III, III1 außerhalb des genutzten GWL bzw. des unterirdischen Einzugsgebiets)

 im Einzelfall zu beurteilen (wegen kleinräumig wechselnder hydrogeologischer Verhältnisse)

 aus hydrogeologischer Sicht bis zur angegebenen Bohrtiefenbegrenzung möglich

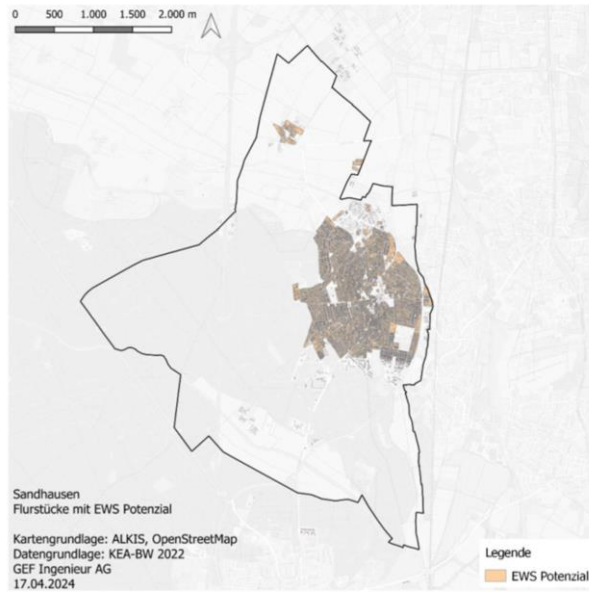


Man braucht ca. 80% mehr Bohrmeter im Lockergestein, wenn man im Wasserschutzgebiet bohrt, da man als Sole nur Wasser ohne Frostschutz verwenden darf. Im Festgestein muss man doppelt so viel bohren, um sicherzugehen, dass das Wasser als Wärmeträgermedium nicht einfriert. 20% der Sonden von Krämer Erdwärme sind im Wasserschutzgebiet. Daher braucht man Wasserschutzgebiete nicht für Erdwärme auszuschließen.

Erdwärmesondenpotenzial laut Wärmeplan Sandhausen

Potenzial für
Erdwärmesonden laut
Wärmeplan: ca. 45 GWh/a

Zum Vergleich:
prognostizierter
Wärmebedarf 2040 liegt bei
89 GWh/a



Details zu staatlichen Förderkonditionen

- Bauanzeige des Gebäudes muss mindestens 5 Jahre zurück liegen
- Achtung Deckelung der förderfähigen Kosten!:
 - **30 000 Euro** für Einfamilienhäuser oder für die erste Wohneinheit in Mehrfamilienhäusern
 - jeweils 15 000 Euro für die zweite bis sechste Wohneinheit
 - jeweils 8 000 Euro ab der siebten Wohneinheit
- Fördersätze (bis zur Obergrenze der Gesamtkosten):

Nur für Selbstnutzer und Erfüllung von*

Einzelmaßnahmen	Zuschuss	Boni			Einkommens-Bonus
		sFP-Bonus	Effizienz-Bonus	Klimageschichtsbonus	
Gebäudehülle	15 %	5 %			
Anlagentechnik	15 %	5 %			
Solarthermische Anlagen	30 %			max. 20 % ²	30 %
Biomasseheizungen ¹	30 %			max. 20 % ²	30 %
Wärmepumpen	30 %		5 %	max. 20 % ²	30 %
Brennstoffzellenheizung	30 %			max. 20 % ²	30 %
Wasserstofffähige Heizung (Investitionsmehrausgaben)	30 %			max. 20 % ²	30 %
Innovative Heizungstechnik	30 %			max. 20 % ²	30 %
Errichtung, Umbau, Erweiterung Gebäudenetz	30 %			max. 20 % ²	30 %
Gebäudenetzanschluss	30 %			max. 20 % ²	30 %
Wärmenetzanschluss	30 %			max. 20 % ²	30 %
Heizungsoptimierung zur Effizienzverbesserung	15 %	5 %			
Heizungsoptimierung zur Emissionsminderung	50 %				

*Tausch einer Ölheizung, Gasetagenheizung, Kohleheizung, Nachtspeicherheizung oder einer Gas- und Biomasseheizung, die älter als 20 Jahre ist



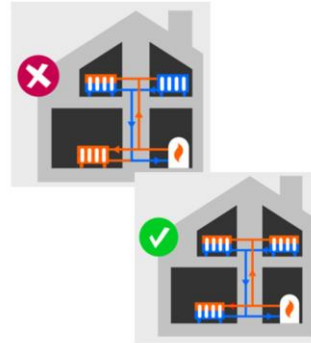
¹ Bei Biomasseheizungen wird bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwerts für Staub von 2,5 mg/m³ ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag gemäß Nummer 8.4.6 gewährt.
² Der Klimageschichtsbonus reduziert sich gestaffelt gemäß Nummer 8.4.4.

Verpflichtungen für geförderte Wärmepumpen

- Wärmepumpen sind so auszulegen, dass eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,0 erreicht wird
- Mindestanforderungen an „jahreszeitbedingte Raumheizungseffizienz“. Z.B. für Luft-Wasser:

	η_p bei (35 °C)	η_p bei (65 °C)
Wärmequelle Luft	145 %	125 %
Wärmequelle Erdwärme	180 %	140 %
Wärmequelle Wasser	180 %	140 %
Sonstige Wärmequellen (zum Beispiel Abwärme, Solarwärme)	180 %	140 %

- Es muss eine Schnittstelle geben, mit der Ansteuerung vom Netzbetreiber automatisch erfolgen kann
- Hydraulischer Abgleich (nach Verfahren **B**)
- Betrieb der Wärmepumpe für mindestens 10 Jahre (oder Änderungsmitteilung an die KfW)
- Strom- und Wärmemengen müssen „gemessen“ werden
- Umsetzung innerhalb von 3 Jahren nach Bewilligung
- Fördermittel spätestens 6 Monate nach Vorliegen der letzten Rechnung „abrufen“
- Rechnungen und „Fachunternehmererklärung“ einreichen



Ein Wort zur Wirtschaftlichkeit



Hypothetischer* Vergleich mit Erdgasheizung im teilsanierten EFH mit 16.000 kWh
Wärmeverbrauch:

- Erdgaspreis für Haushaltskunden: ca. 10,7 ct/kWh
- erzeugte Wärme der Gasheizung kostet $10,7 \text{ ct/kWh} / 90\% = 12,59 \text{ ct/kWh}$

- Wärmepumpenstromtarif 28 ct/kWh
- Erzeugte Wärme bei Arbeitszahl 3,6 kostet $28 \text{ ct/kWh} / 3,6 = 9 \text{ ct/kWh}$

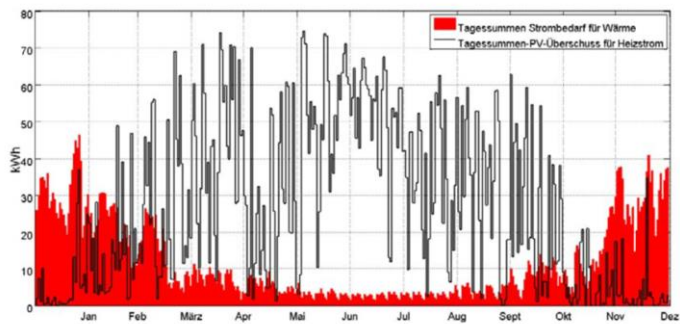
- Installationskosten 10 kW Gasheizung: **10.000 Euro**
- Installationskosten 10 kW Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Zubehör: **30.000 Euro**
- Preisdifferenz bei 35 bzw. 55% Förderung: 9500 bzw. 3500 Euro

- Amortisationszeit mit **35%** Förderung: **14,5 Jahre**
- Amortisationszeit mit **55%** Förderung: **4,5 Jahre**

*Hypothetisch, da neu eingebaute Gaskessel, ab 2029 nicht mehr mit reinem Erdgas betrieben werden dürfen, sondern steigende Anteile Biogas oder Wasserstoff nutzen müssen

Wärmepumpe und PV – eine Beispielrechnung

- Gut gedämmtes Einfamilienhaus mit Wärmebedarf von 11.000 kWh/Jahr (144 m² Wfl.) und 9 kW PV-Anlage
- 4-Personen (3800 kWh Haushaltsstromverbrauch pro Jahr), 300 Liter TWW-Speicher
- PV-Stromanteil am Wärmepumpenstromverbrauch ohne PV-Schaltung: ca. **17%**
- PV Stromanteil am Wärmepumpenstromverbrauch mit PV-Schaltung **25-30%**



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Zusatz

Schallschutz bei Luftwärmepumpen



- Immissionsrichtwerte nach TA Lärm beachten
- Die Summe der Belastungen muss unter dem Grenzwert bleiben
- Schalltechnisches Gutachten kann entfallen, wenn die Wärmepumpe einen Schalldruckpegel am „Messort“ erzeugt, der „6 dB(A)“ niedriger ist als der Grenzwert in der Tabelle
- Schallschutzhauben können helfen (Reduzierung bis zu - 15 dB(A))



Gebietstyp	Tag-betrieb	Nacht-betrieb
Industriegebiete	70 dB(A)	
Gewerbegebiete	60 dB(A)	50 dB(A)
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	60 dB(A)	45 dB(A)
allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55 dB(A)	40 dB(A)
reine Wohngebiete	50 dB(A)	35 dB(A)
Kurgebiete, für Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB(A)	35 dB(A)

Sonntags/an Feiertagen mittags 6 dBA weniger



Wärmepumpen und Wärmespeicher



- Pufferspeicher für die Heizung bei Fußbodenheizung nicht nötig
- Pufferspeicher bei Heizkörpern zwischen 12 und 40 Liter je kW Heizleistung. Je kleiner desto weniger Wärmeverluste
- Trinkwarmwasserspeicher ist immer nötig: zwischen 25 und 80 Liter je Person (je nach Gewohnheiten und Speichertemperatur)
- Sperrzeiten spielen seit 2024 eine deutlich geringere bis keine Rolle mehr



Wärmepumpen-
Warmwasserspeicher

Wärmepumpenstromtarife

- Voraussetzung: eigener Stromzähler mit Steuerungseinheit für die Wärmepumpe
- In der Regel nicht mit PV-Strom-Eigennutzung kombinierbar

Beispiele bei 3500 kWh/a Wärmepumpenstromverbrauch in 69118 HD (Eintarif) für „Ökostrom“:

- EWS Schönau ca. **35 ct/kWh** (31,2 ct/kWh Arbeitspreis und 13 €/Monat Grundpreis)
- Lichtblick „Ökostrom WP Komfort“: **30,4 ct/kWh** (23,51 ct/kWh Arbeitspreis und 19,3 €/Monat Grundgebühr)
- Vattenfall „Wärmepumpe Natur 12“: **28 ct/kWh** (Arbeitspreis 24,1 ct/kWh und 12 €/Monat Grundgebühr)

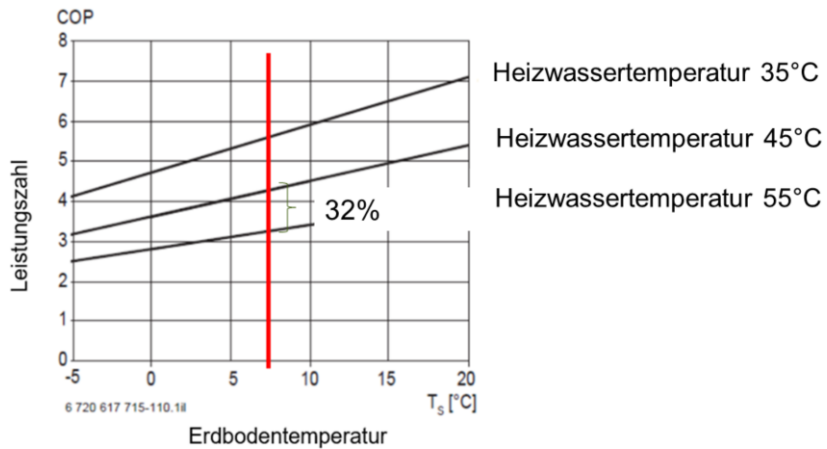
Alternative: Steuerung nach Börsenpreisen über Energiemanager wie zum Beispiel „Heartbeat“ und andere



Anbieter Wärmepumpenstromtarife: <https://www.ews-schoenau.de/waerme/waermepumpenstrom/>

Effizienz von Wärmepumpen – Auf Temperaturunterschiede kommt es an

Leistungszahl = Wärmeerzeugung / Stromverbrauch



Beispielhafter Leistungszahl-Verlauf auf Basis der Buderus Logatherm Wärmepumpe

In der Theorie ist die Effizienz des Carnot-Prozesses allein von der Temperatur der Wärmequelle und Wärmesenke abhängig und umso niedriger je Größer der Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und Wärmeverbraucher.

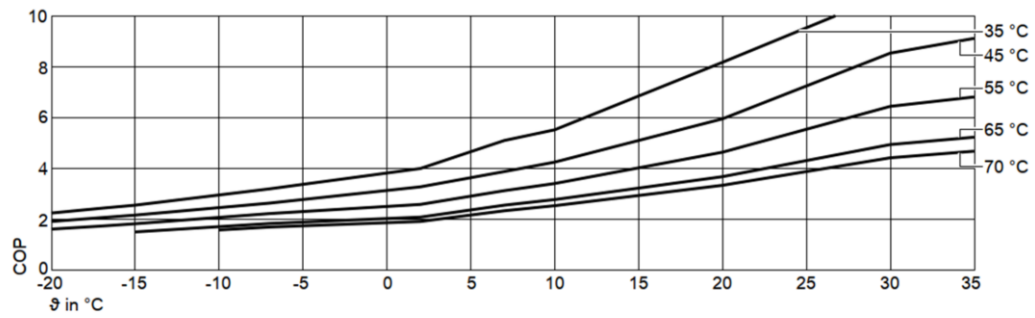
Ist meine mittlere Heizwassertemperatur 45°C statt 55°C so liegt die Leistungszahl bzw. Effizienz rund 1 bzw. 30% höher. Ist meine „Sole“temperatur 10°C statt 5°C so ist die Leistungszahl/Effizienz rund 0,5 bzw. rund 13% höher.

Die Heizwassertemperatur schwankt allerdings über das Jahr. Wenn es draußen sehr kalt ist, wird sie höher eingestellt, wenn es wärmer ist, liegt sie niedriger.

Effizienzbeispiel Luftwärmepumpe



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



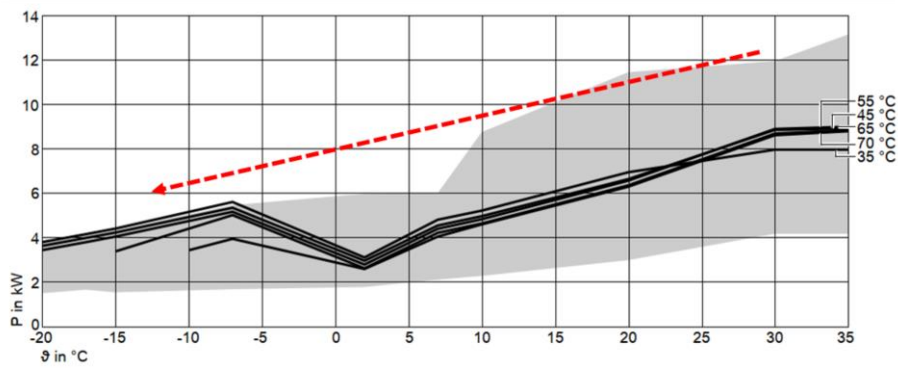
ϑ Lufteintrittstemperatur
P Wärmeleistung
 P_{el} Elektrische Leistungsaufnahme
COP Leistungszahl

Hinweis
■ Daten für COP in den Tabellen und Diagrammen wurden in Anlehnung an EN 14511 ermittelt.
■ Leistungsmerkmale gelten für neue Geräte mit sauberen Plattenwärmetauschern.

Quelle: Viessmann (Vitocal 250 A)

Wichtige Aspekte für die Auslegung einer Luft-Wärmepumpe

Wärmeleistung bei Vorlauftemperaturen 35 °C, 45 °C, 55 °C, 65 °C, 70 °C



Möglicher Leistungsbereich

Die maximale Wärmeleistung der Wärmepumpe sinkt mit der Außentemperatur!

Heizleistung je nach Baualter



Wer sich nicht mit der Formel für die Heizleistung beschäftigen möchte und wem eine Übersichtsrechnung ausreicht, kann die Heizleistung auch mit Richtwerten nach DIN EN 15378 berechnen. Diese Werte richten sich nach dem Baujahr des Hauses.

Baujahr	Heizleistung pro Quadratmeter Wohnfläche
vor 1959	180 W/m ²
ab 1959	177 W/m ² (nach DIN 4701 – 3. Auflage)
ab 1969	163 W/m ²
ab 1978	115 W/m ²
ab 1984	99 W/m ² (nach DIN 4701 – 4. Auflage)
ab 1995	67 W/m ² (Wärmeschutzverordnung 1995)
ab 2002	45 W/m ² (EnEV 2002)
ab 2009	38 W/m ² (EnEV 2009)
ab 2020	10 W/m ² (GEG – Gebäudeenergiegesetz/Passivhausstandard)

Gebäude	Faustwerte spezifische Heizlast
Neubau nach EnEV 2014	35 W/m ²
Nach WSchVO 1995	45 W/m ²
Baujahr ab etwa 1980 normale Wärmedämmung	50 W/m ²
Älteres Mauerwerk ohne besondere Wärmedämmung	50 ... 70 W/m ²

- 120 W/m² Altbau, ohne besondere Wärmedämmung
- 60 – 100 W/m² Gebäude mit normaler Wärmedämmung
- 40 – 60 W/m² Neubau nach Wärmeschutzverordnung 1995
- 30 – 50 W/m² Neubau nach Wärmeschutzverordnung bzw. EnEV 2002

Neuregelung der „EVU Sperre“ seit 2024



Ab 2024 bedeutet die EVU-Sperre nicht mehr die Abschaltung der Wärmepumpe, sondern nur noch eine Drosselung ihrer Leistung. So sieht die Regelung künftig wie folgt aus:

- **Bis zu zwei Stunden täglich** darf die Stromzufuhr auf **4,2 kW** gedrosselt werden.
- Der Netzbetreiber muss anhand von **Echtzeit-Messdaten** nachweisen, dass eine Überlastung des Netzes drohte, die die Drosselung rechtfertigte. Er darf nicht wie bisher einfach nach festgelegten Zeiten in den Wärmepumpenbetrieb eingreifen. (**Übergangsfrist:** Ist ein Verteilnetz noch nicht digitalisiert und kann somit noch keine aktuellen Daten liefern, darf der Netzbetreiber noch weitere 24 Monate präventiv drosseln.)
- Die Zeitpunkte und Längen der Drosselungen sowie die ihnen zugrundeliegenden Messdaten muss der Netzbetreiber **auf einer Internetplattform veröffentlichen**.
- Netzbetreiber dürfen künftig den **Anschluss einer neuen Wärmepumpe nicht mehr ablehnen** oder verzögern.
- Alle ab 2024 angeschlossenen Wärmepumpen müssen **steuerbar** sein.

Effizienzgebäude Förderung



Effizienzhaus-Stufen und Förderung im Überblick

Wenn Sie ein Wohngebäude zum Effizienzhaus sanieren oder ein frisch saniertes Effizienzhaus kaufen, fördern wir Sie mit einem Kredit mit Tilgungszuschuss

Effizienzhaus	Primärenergiebedarf	Transmissionswärmeverlust	Maximale Kredithöhe je Wohneinheit
Effizienzhaus 40	40 %	55 %	120.000 Euro mit 20 % Tilgungszuschuss
Effizienzhaus 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	40 %	55 %	150.000 Euro mit 25 % Tilgungszuschuss
Effizienzhaus 55	55 %	70 %	120.000 Euro mit 15 % Tilgungszuschuss
Effizienzhaus 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	55 %	70 %	150.000 Euro mit 20 % Tilgungszuschuss
Effizienzhaus 70	70 %	85 %	120.000 Euro mit 10 % Tilgungszuschuss
Effizienzhaus 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	70 %	85 %	150.000 Euro mit 15 % Tilgungszuschuss
Effizienzhaus 85	85 %	100 %	120.000 Euro mit 5 % Tilgungszuschuss
Effizienzhaus 85 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	85 %	100 %	150.000 Euro mit 10 % Tilgungszuschuss

Welche Kältemittel gibt es für Wärmepumpen in Wohngebäuden?



Kategorie	Kältemittel	Sicherheitsgruppe	GWP
FKW/HFKW	R134a	A1	1.430
FKW/HFKW	R410a	A1	2.090
FKW/HFKW	R407C	A1	1.770
FKW/HFKW	R32	A2L*	675
Natürliche Kältemittel	R290 (Propan)	A3	3
Natürliche Kältemittel	R717 (NH ₃)	B2L*	0
Natürliche Kältemittel	R744 (CO ₂)	A1	1
HFO	R1234yf	A2L*	4

*Neue Sicherheitsgruppe gemäß SN EN 378-1:2017

- A = Geringe Giftigkeit
- B = Größere Giftigkeit
- 1 = Keine Flammenausbreitung
- 2 = Geringe Brennbarkeit
- 3 = Größere Brennbarkeit
- L = Geringe Brenngeschwindigkeit

Ab 1.1.2028 werden nur noch WP mit natürlichen Kältemitteln gefördert

Bisher waren die am häufigsten in Wärmepumpen eingesetzten Kältemittel R410a, R407c, R134a. Sie haben den Nachteil eines hohen Treibhausgaspotenzials (GWP), außerdem sind sie „PFAS“ und damit potentiell gesundheitsschädlich. Die EU möchte den Einsatz von halogenierten und teilhalogenierten Kohlenwasserstoffen (FKW/HFKW) langfristig gegen Null bringen und verknappt sie mehr und mehr auf dem Markt, bzw. sind manche bereits verboten worden. Eine gute Alternative ist Propan als Kältemittel, welches viele Hersteller schon in Ihren Wärmepumpen anbieten. Wichtig: ab 1.1.2028 werden nur noch Wärmepumpen mit natürlichen Kältemitteln gefördert.

Jahresarbeitszahlrechner des BWP

<https://www.waermepumpe.de/jazrechner/>



2. Haus, Wärmeverteilsystem

Heizgrenztemperatur: 15°C (WIBau)

Systemtemperaturen: Vorlauftemperatur: 45 °C Rücklauftemperatur: 38 °C

3. Heizung

Herzaller: Viessmann

Wärmequelle: Luft

Modell: Vitocal 200-A-AWD-E (4C) 201 A13

Normaufentemperatur: -10 °C → aus PLZ (DE) 69118

Betriebweise: bivalent (parallel)

Zusatzheizung: Monenergetisch

Leistung Wärmepumpe: 8 kW (bei 10°C)

Gebäudeheizlast: 10 kW (bei 10°C)

4. Warmwasser

Anteil am Gesamtwärmebedarf: 18 %

Erzeugt durch: Heizungswärmepumpe

Speichertemperatur: 50 °C

Speichertyp: WÜ Innen

5. Jahresarbeitszahlen

	nur WP	mit Backup
Heizbetrieb:	4,33	4,33
Trinkwassererwärmung:	3,57	3,57
Gesamt:	4,17	4,17

Disclaimer JAZ-Rechner: Die Berechnung erfolgt nach dem Verfahren der VDI 4650 Blatt 1: 2024-02.

Ab April 2025: Zeitvariables Netzentgelt



Ab April 2025: Zeitvariables Netzentgelt

- 2025 kommt noch eine dritte Variante der Kostenreduktion dazu: Modul 3. Es wird sich aus drei Tarifstufen zusammensetzen: Standardtarif (ST), Hochlasttarif (HT) und Niedriglasttarif (NT). Dies soll als Anreiz dienen, die Strombezüge der Wärmepumpe vorrangig in Zeiten niedriger Netzauslastung zu legen. Für diese gilt dann ein besonders günstiger Strompreis.
- Damit dieses Modul angeboten werden kann, müssen die Stromanbieter zunächst variable Tarife in ihr Portfolio aufnehmen und alle Haushalte mit Wärmepumpen mit einem [Smart Meter](#) ausgestattet werden. Da sich hier die Umsetzung bisher verzögert, wird es Modul 3 erst ab April 2025 geben. Dann muss es als Ergänzung zu Modul 1 gewählt werden.

Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)



Aktuelle Situation und gesetzliche Vorgaben

ohne kommunale Wärmeplanung:

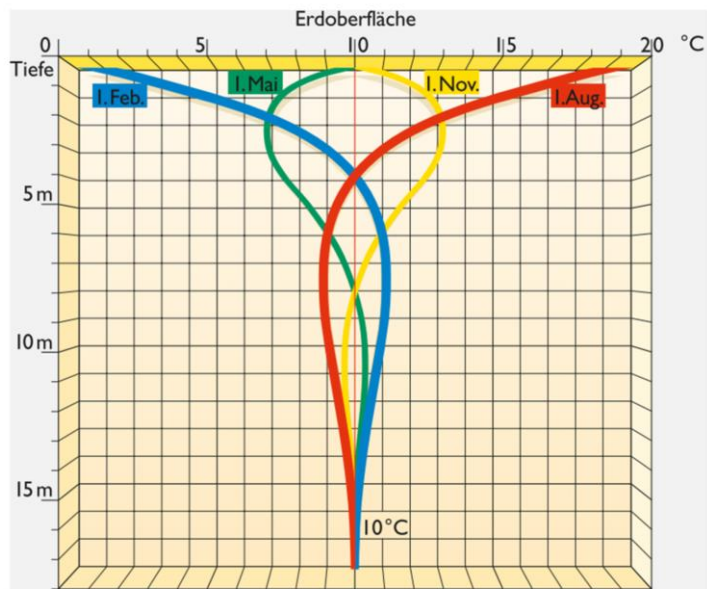
- Für Neubauten innerhalb von Neubaugebieten gelten die neuen Regelungen des GEG (65%) ab dem **1.1. 2024**.
- Für Neubauten ausserhalb von Neubaugebieten und Modernisierung gelten diese Regeln (65%) **noch nicht**. Es dürfen weiterhin Öl- u. Gasheizungen eingebaut werden, wenn diese auf Biomasse, grünem oder blauem Wasserstoff **umrüstbar** sind. Vor dem Einbau muss eine Fachperson (z. B. Installateure, Schornsteinfeger, Kälteanlagenbauer, Elektrotechniker, Energieberater) den Endkunden/Betreiber beraten und auf mögliche Preisentwicklungen, Umweltauswirkungen oder die Versorgungssicherheit hinweisen.
- **Aber** die og Heizungen müssen **in Zukunft anteilig mit erneuerbaren Energien** betrieben werden
zB: Biomasse, grünem oder blauem Wasserstoff oder mit Wärmepumpen ergänzt werden.
 - ab 2029: 15 Prozent
 - ab 2035: 30 Prozent
 - ab 2040: 60 Prozent
 - ab 2045: 100 Prozent

[BMW! Informationen vor dem Einbau einer neuen Öl/Gas Heizung](#)

© Viessmann Climate Solutions

R 32 wird verboten. Wegen neuer Verordnung wird es schwieriger Splitgeräte zu bauen.

Jahreszeitlicher Temperaturverlauf im Boden



Aufbau einer exemplarischen Luft-Wasser-Wärmepumpe



- (A) Stromsparender, drehzahl geregelter EC-Ventilator
- (B) Beschichteter Verdampfer mit gewellten Lamellen zur Effizienzsteigerung
- (C) Sicherheitsventil
- (D) Verflüssiger
- (E) Inverter
- (F) Sauggaskühler Inverter
- (G) 4-Wege-Umschaltventil
- (H) Hermetischer, leistungsgeregelter Doppelrollknoten-Verdichter

Quelle: Viessmann (Vitocal 250 A)