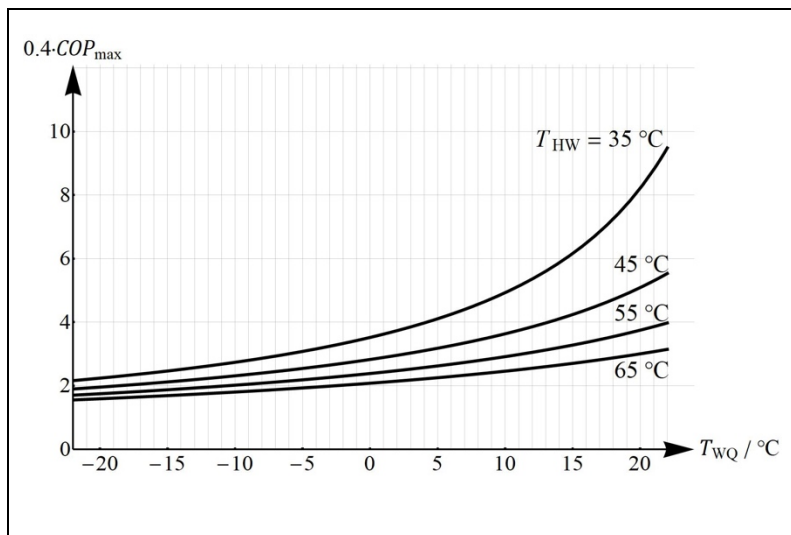


## Wärmepumpen und Außentemperatur

Luft/Wasser-Wärmepumpen benutzen als Wärmequelle die Umgebungsluft und sind deshalb besonders einfach bei Ein- und Zweifamilienhäusern einsetzbar. Sie können auch bei Luft-Temperaturen bis  $-15\text{ °C}$  Wärme erzeugen. Durch die Auswahl der maximalen Leistung der Wärmepumpe muss - wie bei jeder anderen Heizung auch - sichergestellt sein, dass die Wärmepumpe genug Heizleistung für das zu heizende Gebäude besitzt. Aus einem Vergleich der Heizlast des Gebäudes und der Heizleistungskurve einer in Frage kommenden Wärmepumpe kann ermittelt werden, bis zu welcher Temperatur die Wärmepumpe die Heizung des Gebäudes allein erbringen kann. Diese kann je nach Heizlast und Größe der Wärmepumpe irgendwo zwischen  $-5\text{ °C}$  und  $-15\text{ °C}$  liegen. Wenn es kälter wird als diese Temperatur, kann zusätzlich zur Wärmepumpe mit dem integrierten elektrischen Heizstab geheizt werden, um die Wohnung im komfortablen Temperaturbereich zu halten. Tiefe Durchschnitts-Außentemperaturen werden in weiten Teilen Deutschlands nur an wenigen Wintertagen erreicht. Zur Bestimmung der Heizlast eines Gebäudes sollte ein Energie-Effizienzexperte /1/ oder ein Heizungs-Installateur zu Rate gezogen werden, wenn keine ausreichenden eigenen Kenntnisse vorhanden sind.

## Wärmepumpen im Altbau

Es gibt das Vorurteil, dass Wärmepumpen nur in Neubauten funktionieren, aber nicht für ältere Gebäude geeignet sind. In Wahrheit können Wärmepumpen auch in Bestandsgebäuden durchaus vorteilhaft eingesetzt werden /2/. Es stimmt jedoch, dass gut



**Bild** : Näherung für den Verlauf des  $COP$  realer Wärmepumpen in Abhängigkeit von Außentemperatur  $T_{WQ}$  und Vorlauftemperatur  $T_{HW}$  ( $0.4 \times COP_{max}$ )

gedämmte Häuser die Effizienz einer Wärmepumpe maximieren. Die Effizienz wird in Form des  $COP$  (= Coefficient of Performance) angegeben. Er gibt an, welches Vielfache der eingesetzten elektrischen Energie von der Wärmepumpe als Heizwärme abgegeben wird, und zwar an einem definierten Betriebspunkt, der durch die Temperaturen der Wärmequelle  $T_{WQ}$  (Wärme wird aus der Umgebung aufgenommen) und des Heizungsvorlaufs  $T_{HW}$  (Wärme wird ans Heizungswasser abgegeben) angegeben wird. Die Aussage  $COP = 2,79$  bei A7/W55 im Datenblatt einer Luft-Wasser-Wärmepumpe bedeutet, dass dieser  $COP$ -Wert für eine Außentemperatur von  $T_{WQ} = 7\text{ °C}$  und eine Vorlauftemperatur von  $T_{HW} =$

55 °C gilt. Der theoretisch Maximalwert  $COP_{max}$  einer idealen Wärmepumpe ist physikalisch vorgegeben und hängt ebenfalls von  $T_{WQ}$  und  $T_{HW}$  ab. In der Praxis können je nach Wärmepumpe Werte im Bereich 40 bis 52 % des Maximalwerts erreicht werden.

In obigem **Bild** ist zur Veranschaulichung der Wert  $0.4 \times COP_{max}$  in Abhängigkeit der Temperatur der Außenluft  $T_{WQ}$  für verschiedene Vorlauftemperaturen  $T_{HW}$  aufgetragen. Der reale Verlauf des  $COP$ -Werts von Luft-Wasser-Wärmepumpen sieht ähnlich aus. Das Diagramm zeigt, dass die Vorlauftemperatur  $T_{HW}$  einen drastischen Einfluss auf den  $COP$  einer Wärmepumpe hat und deshalb die entscheidende Größe für eine hohe Effizienz ist. Die Abhängigkeit von der Quelltemperatur ist dagegen deutlich schwächer.

Da in Neubauten heute sehr gute Dämmung meistens verbunden mit einer Fußbodenheizung zum Einsatz kommt, können die Gebäude mit Vorlauftemperaturen von 30 – 35 °C bequem beheizt werden. Bei Gebäuden, die zwischen 1995 und 2020 errichtet wurden, kann häufig mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 45 °C und dem Tausch von wenigen Heizkörpern gegen solche mit größerer Fläche eine gute Heizleistung erreicht werden. Dagegen sind bei Gebäuden, die vor 1995 errichtet wurden, in manchen Fällen aufgrund der ungenügenden Dämmung höhere Vorlauftemperaturen (55 – 65 °C) erforderlich. Hier empfiehlt es sich, zunächst die Dämmung des Gebäudes zu verbessern und auf moderne Heizkörper umzurüsten, um den Effizienz-Vorteil der Wärmepumpe ausnützen zu können. Für das optimale Vorgehen sollte hier unbedingt bei einem Energie-Effizienz-Experten /1/ eine umfassende Beratung mit individuellem Sanierungsfahrplan beauftragt werden.

## Wärmepumpen und Kosten

Die höheren Investitionskosten einer Wärmepumpe verglichen mit einer neuen fossilen Heizung lassen viele Interessenten zunächst zurückschrecken. Allerdings gibt es für den Tausch einer fossilen Heizung gegen eine Wärmepumpe hohe Zuschüsse durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BafA /3/). Von einer maximalen Investitionssumme von 30000 € sind für selbstnutzende Eigentümerinnen und Eigentümer bis zu 70 % förderfähig, wobei sich diese aufteilen in eine allgemeine Grundförderung von 30 % für den Umstieg auf erneuerbares Heizen, weitere 20 % Klima- und Geschwindigkeitsbonus als Anreiz für eine schnelle Umrüstung z.B. von funktionierenden Gas- und Biomasseheizungen, die mindestens 20 Jahre alt sind, einen Effizienzbonus von 5 %, beim Einsatz natürlicher Kältemittel oder Erd-, Wasser- oder Abwasserwärme bei Wärmepumpen, sowie einen Bonus von weiteren 30 % bei einem zu versteuernden Haushaltseinkommen unter 40000 €.

Durch die hohe Förderung sind neue Wärmepumpen in der Anschaffung nur etwa 50 % teurer als fossilen Heizungen. Dazu kommt, dass sich fossile Brennstoffe in den kommenden Jahren durch einen Aufschlag für den bei der Verbrennung generierten  $CO_2$ -Ausstoß ( $CO_2$ -Abgabe) deutlich mehr verteuern werden als elektrische Energie, welche als einzige zum Betrieb einer Wärmepumpe benötigt wird. Dadurch wird die Amortisierung der höheren Investition bei der Wärmepumpenheizung durch die geringeren Betriebskosten nach verschiedenen Rechenmodellen in 10 - 20 Jahren erfolgen.

## Lärmentwicklung durch Luft-Wasser-Wärmepumpen

Viele Menschen befürchten, dass Wärmepumpen, insbesondere Luft/Wasser-Wärmepumpen, laute Geräusche erzeugen und störend sein können. Moderne Wärmepumpensysteme sind in ihrem Luftansaugteil jedoch sehr leise konstruiert, und die Hersteller arbeiten kontinuierlich daran, den Geräuschpegel zu minimieren. Die durchschnittliche Lautstärke von Außeneinheiten liegt in der Regel bei etwa 40 bis 50 Dezibel, was vergleichbar mit dem Rauschen eines Kühlschranks ist. Bei korrekter Platzierung und fachgerechter Installation lassen sich Geräusche auf ein Minimum reduzieren, wobei Schall-Emissionsrechner hilfreich sind /4/. Wenn räumlich enge Verhältnisse vorliegen, können die Schall-Immissionen bei den Nachbarn durch Schallschutzwände und Gehäuse auch in dicht besiedelten Gebieten weiter reduziert werden, dass die Wärmepumpen nicht als Lärmbelästigung wahrgenommen werden.

## Ökobilanz von Wärmepumpen

Ein gelegentlich verbreitetes Gerücht über Wärmepumpen ist, dass sie durch ihren Stromverbrauch vergleichbar viel CO<sub>2</sub> emittieren wie fossile Heizungen. Auch diese Behauptung erweist sich bei näherem Hinsehen als falsch. Tatsächlich ist der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck von Wärmepumpen wesentlich geringer als der von fossilen Heizungen. Zunächst liefern Wärmepumpen bei richtigem Einsatz im Jahresverlauf 2.5- bis 4.5-mal mehr Energie in Form von Wärme an die Heizung, als sie in Form von elektrischer Energie aus dem Stromnetz verbrauchen. Dieser Faktor heißt Jahresarbeitszahl (*JAZ*) und folgt aus dem über ein gesamtes Jahr gemittelten *COP* (siehe oben), wobei dieser aufgrund variierender Quellentemperaturen und Vorlauftemperaturen im Jahresverlauf variiert. Außerdem werden bei der *JAZ* alle elektrischen Verbräuche der Heizung eingerechnet, also neben dem des Wärmepumpenkompressors und -lüfters auch der der Umwälzpumpe und der der elektronischen Steuerung. Es leuchtet ein, dass eine hohe *JAZ* des gesamten Heizsystems nur durch den Einsatz einer Wärmepumpe mit hohem *COP* und durch eine fachgerechte Installation des gesamten Heizsystems erreicht werden kann.

Selbst wenn die *JAZ* einer Wärmepumpenheizung nur bei 2.0 läge und der gesamte Jahres-Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser eines Hauses 15000 kWh wäre, sehen wir leicht, dass die Wärmepumpenheizung immer noch deutlich weniger CO<sub>2</sub> erzeugt als eine Gas-Brennwertheizung. Dazu benötigen wir zunächst den CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für Erdgas. Er beträgt für die reine Verbrennung von Erdgas 201 g CO<sub>2</sub>/kWh. Bei einer konservativen Schätzung der zusätzlich entstehenden Vorketten-Emissionen steigt er auf 258 g CO<sub>2</sub>/kWh / 5/ und liegt nach anderen Schätzungen sogar 432 g/kWh. Bei dem mittleren Wert erzeugt unsere Gastherme also 15000 x 258 g = 3,87 t CO<sub>2</sub> im Jahr. Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor des deutschen Strom-Mix betrug in 2023 - wieder einschließlich der Vorketten-Emissionen – laut Umweltbundesamt 414 g CO<sub>2</sub>/kWh. Die Wärmepumpe mit *JAZ*=2 benötigt 15000/2.0 = 7500 kWh an elektrischer Energie aus dem Stromnetz, emittiert also 7500 x 414 g = 3.11 t CO<sub>2</sub>, also 20 % weniger als die Gastherme. Bei *JAZ* = 2.5, 3.0 und 3.5 fallen die Emissionen der Wärmepumpe auf 2.48, 2.07 und 1.77 t CO<sub>2</sub>, das sind 36 %, 47 % und 54 % weniger als bei der Gastherme. Es ist also klar ersichtlich, dass mit allen realistischen *JAZ*-Werten gegenüber der Gastherme massiv CO<sub>2</sub> eingespart wird.

Wenn zusätzlich zur Wärmepumpe eine **Photovoltaik (PV)-Anlage** auf dem Dach vorhanden ist, kann ein solarer Deckungsgrad der Wärmepumpe von etwa 25 % mit PV-Strom erzielt werden. Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von mit kristallinen Photozellen erzeugtem PV-

Strom liegt bei etwa 60 g/kWh. Für die 4 JAZ-Werte 2.0, 2.5, 3.0 und 3.5 würden die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen dann auf 2.44, 1.95, 1.63 und 1.40 t fallen, also nochmal um etwa 21 % gegenüber dem Fall mit Wärmepumpe ohne Photovoltaik.

Durch den wachsenden Anteil an erneuerbaren Energien im deutschen Strom-Mix wird dessen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor weiter sinken und die Umweltfreundlichkeit von Wärmepumpen durch CO<sub>2</sub>-Einsparung zukünftig automatisch weiter steigen.

## Fazit

In den letzten Jahren hat die Technik der Wärmepumpe sowohl bei der Effizienz als auch bei den Schallemissionen entscheidende Fortschritte erzielt, so dass Wärmepumpen in Neubauten heute eine sehr klimafreundliche Heizung darstellen. Aber auch in Bestandsgebäuden werden mehr und mehr Wärmepumpenheizungen eingebaut. Dazu haben neben den technischen Fortschritten umfangreiche Feldversuche des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) beigetragen /2/, in denen gezeigt wurde, dass Luft-Wasser-Wärmepumpen eine zuverlässige und effiziente Heizung darstellen, sofern die Vorlauftemperatur auf ca. 45 – 50 °C beschränkt wird. Bei älteren Bestandsgebäuden sind dazu evtl. zusätzliche Dämm-Maßnahmen und/oder eine Vergrößerung der Heizflächen erforderlich. Durch die kontinuierlich fortschreitende Transformation der deutschen Stromerzeugung hin zu erneuerbaren Energien wird der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor des deutschen Strom-Mix in den nächsten Jahren von heute ca. 400 g CO<sub>2</sub>/kWh kontinuierlich weiter fallen. Da die größtenteils genutzte Umweltwärme dauerhaft den Emissionsfaktor 0 besitzt, wird die CO<sub>2</sub>-Bilanz einer Wärmepumpe in Zukunft immer besser. Aber selbst bei einer JAZ von 2.0 beträgt der Anteil erneuerbarer Energien bereits jetzt ca. 75 %, da nur die Hälfte der Energie aus Strom stammt und dieser in Deutschland bereits heute sowohl im Sommer als auch im Winter zu ca. 50 % aus erneuerbaren Energien stammt. Der in einigen Jahren geforderte Anteil von 65 % erneuerbaren Energien wird also bereits heute von praktische allen Wärmepumpenheizungen überschritten.

## Referenzen

/1/: Energie-Effizienz Experten (EEE): <https://www.energie-effizienz-experten.de/>

/2/: Wärmepumpen im Bestand (ISE): <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/>

/3/: Förderübersicht Wärmepumpen (BafA):

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ew\\_waermepumpen\\_foerderuebersicht.html&ved=2ahUKEwjexpKhk6KKAxX-g\\_0HHfyBJMEQFnoECBIQAQ&usq=AOvVaw1Cn5Bg\\_AmkVO8UZeWnap06](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ew_waermepumpen_foerderuebersicht.html&ved=2ahUKEwjexpKhk6KKAxX-g_0HHfyBJMEQFnoECBIQAQ&usq=AOvVaw1Cn5Bg_AmkVO8UZeWnap06)

/4/: Schallrechner (BWP): [www.waermepumpe.de/schallrechner](http://www.waermepumpe.de/schallrechner)

/5/: Umweltbundesamt (UBA): <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/co2-emissionsfaktoren-fuer-fossile-brennstoffe-0>

