

Stand: Mai 2023

Wärmepumpen für bestehende Wohngebäude

Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer stehen vor der Frage, wie sie ihr Gebäude in Zukunft am besten mit Wärme versorgen können. Örtliche Gegebenheiten, steigende Energiepreise, politische Vorgaben, aber auch neue technische Möglichkeiten sind dabei zu berücksichtigen.

Wärmepumpen stellen eine wichtige Technologie dar, um Gebäude unabhängiger von fossilen Energieträgern zu machen und gleichzeitig die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Bei Neubauten dominieren sie bereits unter den Wärmeerzeugern. Bei Altbauten bestehen teilweise noch Unsicherheiten, ob und wie Wärmepumpen eingesetzt werden können.

Diese Fragen sollen in dieser Broschüre insbesondere für Ein- und Zweifamilienhäuser beantwortet werden.

Warum eine Wärmepumpe?

Im Gegensatz zu den noch weit verbreiteten Heizkesseln bieten elektrisch angetriebene Wärmepumpen in Ein- oder Zweifamilienhäusern eine Reihe von Vorteilen:

- Mehr als zwei Drittel der Wärme stammen aus kostenloser und regenerativer Umweltwärme. Die verbleibende elektrische Energie wird zu immer größeren Anteilen aus regenerativer Sonnen- und Windkraft erzeugt.
- Zukünftig ermöglichen Wärmepumpen eine energieeffiziente und weitgehend regenerative Wärmeversorgung. Sie sind somit ein wichtiger Baustein für die Klimaneutralität von Gebäuden.
- Durch Wärmepumpen entstehen vor Ort keine Schadstoffemissionen.
- Es müssen keine Brennstoffe beschafft oder gelagert werden.

Wärmepumpen können auch im Altbau eingesetzt werden



Bildquelle: Viessmann

Wärmepumpe oder Wärmedämmung?

Je besser das Haus gedämmt ist, desto niedriger ist der Energieverbrauch für die Heizung und die erforderliche Heizleistung. Damit steigt die Effizienz der Wärmepumpe und die Anschaffungs- und Betriebskosten sinken. Deswegen sollte normalerweise zuerst die Gebäudehülle verbessert werden, danach kann eine Wärmepumpe eingebaut werden.

Wenn aber die Heizung alt oder defekt ist und die Wärmedämmung erst in ein paar Jahren durchgeführt werden soll, sollte geprüft werden, ob nicht schon jetzt der Umstieg auf eine Wärmepumpe sinnvoll ist. Auch mit einer Wärmepumpe sollten alle Häuser, bei denen dies möglich ist, aus Klimaschutzgründen möglichst schnell gedämmt werden.

Gesetzliche Vorgaben

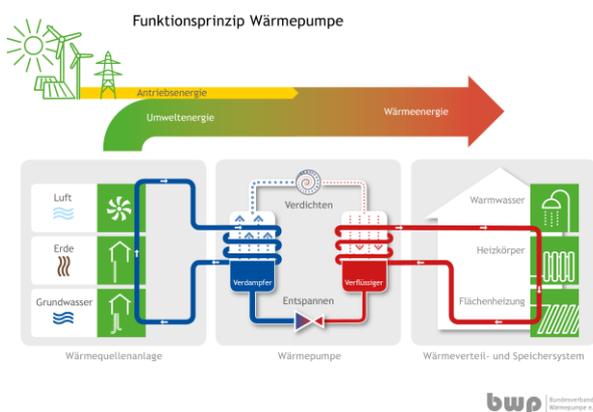
In Deutschland sind 44 % aller Ölheizungen und 33 % aller Gasheizungen älter als 29 Jahre und sollten dringend erneuert werden. Gleichzeitig dürfen bis auf Ausnahmefälle ab 2026 (oder noch früher) neue Ölheizungen nur noch eingebaut werden,

wenn ein Mindestanteil des Wärmeverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt wird. Die Bundesregierung plant aktuell Regelungen, nach denen die Wärme bei neuen Heizungsanlagen im Gebäudebestand zu mindestens 65 % aus erneuerbaren Energien stammen soll. Dies würde den Einsatz fossiler Energieträger in der Zukunft weiter einschränken. Ein weiterer Faktor, der die Nutzung fossiler Energien kontinuierlich teurer macht, sind die ansteigenden Kosten für Kohlendioxid-Emissionen (CO₂).

So funktioniert eine Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe nutzt Wärme aus der Umwelt (z. B. aus der Außenluft oder dem Erdreich), um das Haus mit Wärme zu versorgen. Durch die Aufnahme der Umweltenergie verdampft ein Kältemittel (siehe folgenden Abschnitt) bei niedrigem Druck und niedriger Temperatur über einen Wärmeübertrager (Verdampfer) und wird anschließend verdichtet. Dadurch erwärmt es sich (wie bei einer Luftpumpe, mit der man einen Reifen aufpumpt). Für das Verdichten wird in der Regel elektrischer Strom eingesetzt. Das verdichtete, warm gewordene Kältemittel gibt seine Wärme über einen weiteren Wärmeübertrager (Verflüssiger) an den Heizkreis oder Warmwasserspeicher ab und versorgt damit das Gebäude, während es selbst wieder abkühlt. Danach strömt es über ein Expansionsventil zum Verdampfer zurück und der Wärme-Kälte-Kreislauf beginnt von vorne.

So funktioniert die Wärmepumpe



Bildquelle: Bundesverband Wärmepumpe (BWP)

Bestandteile einer Wärmepumpenheizung

Eine Wärmepumpenheizung besteht in der Regel aus folgenden Komponenten:

- Anlage zur Nutzung der Wärmequelle; das kann ein außen aufgestellter Verdampfer zur Nutzung der Außenluft, eine Erdsonde, ein Erdkollektor oder z. B. ein spezieller Solarkollektor sein (siehe Kapitel „Wärmequellen“)
- Wärmepumpe; bei Außenluft-Wärmepumpen ist der Verdampfer oft bereits integriert
- Pufferspeicher zum zeitlichen Ausgleich von Wärmeerzeugung und -verbrauch im Gebäude
- Trinkwarmwasserspeicher (TWW) bei zentraler Warmwasserbereitung
- Heizflächen im Gebäude; dies können Heizkörper sein, eine Fußbodenheizung oder Wand- bzw. Deckenheizflächen
- Regelung der Anlage; diese sollte dafür sorgen, dass die Wärmepumpe immer im optimalen Bereich betrieben wird, und eine eigene Photovoltaik-Stromerzeugung oder ggf. einen zweiten Wärmeerzeuger mit einbinden

Optionale Bestandteile:

- Photovoltaikanlage (PV-Anlage) zur Erzeugung von Solarstrom direkt am Gebäude
- zweiter Wärmeerzeuger, z. B. der alte Heizkessel für Spitzenlasten

Je nach Gebäude und vorhandener Technik können noch andere Komponenten hinzukommen.

Heizkeller mit Wärmepumpe (grau im Vordergrund), Puffer- und Trinkwasserspeicher (im Hintergrund nebeneinander)



Bildquelle: Bundesverband Wärmepumpe (BWP)

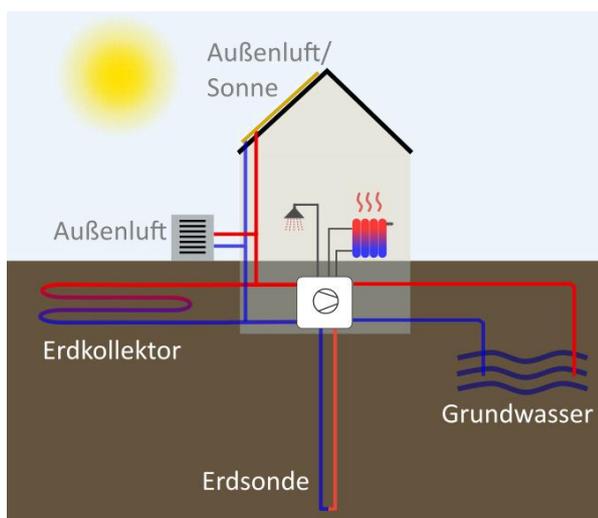
Wärmequellen

Wärmepumpen benötigen eine Wärmequelle, um Umweltwärme nutzen zu können. Die wichtigsten Wärmequellen sind:

Außenluft. Sie steht überall zur Verfügung und ist kostengünstig zu nutzen. Ein Nachteil von Außenluft ist, dass die Temperaturen dann niedrig sind, wenn der Wärmebedarf des Gebäudes am höchsten ist. Dadurch sinkt die Effizienz der Wärmepumpe an den besonders kalten Tagen im Jahr. Außenluft-Wärmepumpen werden entweder komplett außerhalb des Hauses aufgestellt (Monoblock). In diesem Fall sollten die Leitungen ins Haus möglichst kurz sein. Oder nur der Teil, der der Außenluft die Wärme entzieht, wird außen installiert (Split-Ausführung). Auch eine komplette Innenaufstellung ist möglich. Die Kanäle für die Ein- und Ausleitung der Luft sollten auch in diesem Fall möglichst kurz sein. Außenluft-Wärmepumpen können im Winter vereisen, deshalb muss bei der Auslegung und Planung das Abtauen und Versickern des Tauwassers berücksichtigt werden.

Wichtig ist zudem die Minimierung der Schallemissionen. Insbesondere bei dichter Bebauung sollten Anlagen mit einem geringen Lärmpegel gewählt und Schallreflexionen an Wänden des eigenen Hauses und Nachbargebäuden vermieden werden.

Übersicht der häufigsten Wärmequellen im Einfamilienhaus



Bildquelle: IWU

Erdwärme. Sie ist eine gleichmäßigere Wärmequelle als Außenluft und die Temperatur ist insbesondere zur Zeit des höchsten Wärmebedarfs im Winter höher.

Für die Installation von **Erdwärmesonden** wird in der Regel bis zu 100 m tief gebohrt, wofür eine wasserrechtliche Erlaubnis der unteren Wasserbehörde erforderlich ist. Sind die Bohrungen noch tiefer, kann ein bergrechtlicher Betriebsplan erforderlich werden. Grundsätzlich sind Abstände zu Nachbarsonden einzuhalten und ausreichende Flächen und Wege für das Bohrgerät erforderlich. Bohrungen für Erdwärmesonden sind nicht überall möglich (z. B. nicht in Wasserschutzgebieten).

Erdwärmesonden ermöglichen höhere Jahresarbeitszahlen (JAZ, vgl. dazu den Abschnitt „Kennzahlen“) und damit geringere Betriebskosten als Außenluft-Wärmepumpen, allerdings fallen Kosten für die Bohrungen an. Die benötigte Bohrtiefe bzw. die Anzahl der Sonden ist von den lokalen Gegebenheiten (z. B. Wärmebedarf, Geologie) abhängig und sollte durch einen Fachplaner oder ein Fachunternehmen ermittelt werden.

Waagrechte **Erdkollektoren** werden nur 1 - 2 m tief (Flach-/Grabenkollektoren) oder bis 4 m tief (Erdwärmekörbe) auf dem Grundstück eingegraben und nutzen vor allem die im Sommer eingefangene Sonnenenergie als Wärmequelle. Sie haben einen deutlich höheren Flächenbedarf als Erdwärmesonden und dürfen nicht überbaut werden, da das Erdreich vereisen kann und damit eine Regeneration durch Sonne und Niederschlag möglich ist. Auch Bepflanzung mit Bäumen ist im Bereich der Erdkollektoren ungünstig; bei bereits angelegten Gärten ist der Eingriff durch den Einbau von Erdkollektoren deshalb beträchtlich.

Die Temperatur der Wärmequelle schwankt hier etwas stärker als bei Erdwärmesonden, wobei die Effizienz annähernd gleich ist. Eine Genehmigung oder Anmeldung ist nicht erforderlich, wenn die Einbautiefe mindestens 1 m über dem höchsten Grundwasserspiegel liegt.

Grundwasser liefert ganzjährig hohe Temperaturen und somit hohe JAZ, darf aber nicht überall genutzt werden. Auch hier ist eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich und auf dem Grundstück müssen die Abstände für Saug- und Schluckbrunnen berücksichtigt werden. Wichtig sind außerdem eine ausreichende Wassermenge und -qualität sowie Wassertemperaturen nicht unter +7 °C.

Bei den **sonstigen Wärmequellen** kann neben **Abwärme**, die bei Wohngebäuden selten vorhanden ist, **Sonnenenergie** eine Rolle spielen. Dafür

wurden in den letzten Jahren Kombinationen aus Photovoltaikmodul und thermischem Kollektor entwickelt, die auf der gleichen Dachfläche elektrischen Strom erzeugen und als Wärmequelle für die Wärmepumpe genutzt werden. Diese **PVT-Module** nutzen überwiegend die Außenlufttemperatur, zusätzlich aber auch die Abwärme der Photovoltaikmodule. Sie sind im Gegensatz zu Außenluft-Wärmepumpen nahezu geräuschlos und können etwas höhere Jahresarbeitszahlen erreichen.

Welche Gebäude sind geeignet?

Eine Wärmepumpe ist besonders effizient, wenn die Wärmequelle (Erdreich, Außenluft) ein vergleichsweise hohes Temperaturniveau aufweist und die Vorlauftemperatur in der Wärmeverteilung möglichst niedrig ist. Optimal ist hier die Kombination von Erdwärmesonden mit Fußbodenheizung.

Beispiel eines Altbaus mit Wärmepumpe und PV-Anlage



Bildquelle: ©STIEBEL ELTRON

In Altbauten mit ihrem größeren Wärmebedarf liegt die Vorlauftemperatur meist deutlich höher als in Neubauten und in der Regel sind Radiatoren (Heizkörper) vorhanden. Als Faustregel gilt: Damit eine Wärmepumpe als alleiniger Wärmeerzeuger im Altbau wirtschaftlich betrieben werden kann, sollte eine Auslegungs-Vorlauftemperatur von maximal 55 °C an den kältesten Wintertagen nicht überschritten werden. Ob diese Temperatur für die Beheizung ausreicht, hängt von den Heizflächen ab. Diese wurden in der Vergangenheit oft sehr groß dimensioniert, sodass in vielen Altbauten Spielraum für eine Absenkung der Vorlauftemperatur besteht. Um dies zu klären, wird entweder eine raumweise Heizlastberechnung durchgeführt oder die erforderliche Vorlauftemperatur wird bei

sehr niedrigen Außentemperaturen über einen Test vor Ort ermittelt.

Wenn am Gebäude bereits einige Modernisierungen durchgeführt wurden, wenn also z. B. bereits die Fenster ausgetauscht und das Dach gedämmt wurden, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass die Wärmepumpe das Gebäude vollständig und kostengünstig versorgen kann, ohne dass vorher die Heizflächen vergrößert werden müssen.

Zusätzlich muss die erforderliche Temperatur für die Warmwasserbereitung berücksichtigt werden. Bei Ein- oder Zweifamilienhäusern bestehen keine Vorgaben für die Warmwassertemperatur. Hier kann die Zapftemperatur auf das tatsächlich benötigte Temperaturniveau von 50 °C eingestellt werden. Dies stellt für Wärmepumpen kein Problem dar. Bei größeren Gebäuden mit mehreren Wohneinheiten, einem TWW-Speicher über 400 Liter oder langen Anschlussleitungen zwischen Speicher und Zapfstelle müssen Warmwassertemperaturen von 60 °C beim Ausgang aus dem TWW-Speicher und 55 °C beim Rücklauf in den Speicher eingehalten werden. Diese Temperaturen reduzieren die Effizienz der Wärmepumpe, besonders wenn die Warmwasserbereitung einen großen Anteil am Gesamtwärmebedarf besitzt. Auch bei speziellen Hochtemperaturwärmepumpen, deren Einsatz zur Warmwasserbereitung vor allem in Mehrfamilienhäusern eventuell erforderlich sein kann, sollte auf die Effizienz bei der Warmwasserbereitung geachtet werden.

Wenn die Voraussetzungen weniger günstig für den alleinigen Einsatz einer Wärmepumpe sind, kann durch die Kombination mit einem Heizkessel ebenfalls ein großer Schritt in Richtung klimafreundliches Heizen gegangen werden. Da niedrige Außentemperaturen und damit hohe Vorlauftemperaturen relativ selten auftreten, kann die Wärmepumpe (je nach Auslegung) ca. 80 % der Wärme bereitstellen. Auch die Nutzung von Solarstrom aus einer eigenen Photovoltaikanlage kann die wirtschaftliche und ökologische Bilanz der Wärmepumpe insbesondere bei der Warmwasserbereitung im Sommer deutlich verbessern.

Kältemittel

Bei Wärmepumpen für Wohngebäude wurden bisher vor allem fluorhaltige synthetische Kältemittel (z. B. R410A) verwendet. Diese sind für den Einsatz in Wärmepumpen optimiert, besitzen aber ein hohes Treibhausgaspotenzial (englisch: „Global

Warming Potential“ oder GWP), wenn das Kältemittel durch undichte Stellen in die Atmosphäre entweicht. Aus diesem Grund gibt es gesetzliche Fristen, bis wann bestimmte Kältemittel nicht mehr eingesetzt werden dürfen oder die verfügbaren Mengen werden begrenzt. Andere mit zwar geringerem, aber immer noch sehr relevantem GWP sind noch länger zulässig (z. B. R32).

Als klimafreundliche Alternative werden neuerdings sogenannte natürliche Kältemittel wie Propan (R290) eingesetzt. Es besitzt ein sehr geringes Treibhausgaspotenzial, ist quasi unbegrenzt verfügbar und erlaubt hohe Vorlauftemperaturen. Aus diesem Grund sollten solche Kältemittel bevorzugt eingesetzt werden. Allerdings ist R290 brennbar, sodass beim Einbau besondere Sicherheitsvorkehrungen einzuhalten sind. Dies gelingt am einfachsten, wenn die Wärmepumpe außen aufgestellt wird. Die folgende Tabelle zeigt einige Kältemittel mit ihrem Treibhausgaspotenzial.

Treibhausgaspotenziale einiger Kältemittel

Kältemittel	GWP*
R410A	2.088
R32	675
R290 (Propan)	3

*Faktor, um wie viel klimaschädlicher die Substanz ist als CO₂

Kennzahlen

Für Wärmepumpen existieren eine Reihe von Kennzahlen, die für die Auswahl und Bewertung von Bedeutung sind. Die wichtigsten werden im Folgenden erläutert:

Die Leistungszahl **COP** (Coefficient of Performance) gibt für einen definierten Betriebspunkt (z. B. 2 °C Außentemperatur und 35 °C Vorlauf-temperatur – kurz: A2W35) das Verhältnis der abgegebenen Wärmeleistung zur aufgenommenen elektrischen Leistung an. Sie wird unter Laborbedingungen ermittelt und dient dem Vergleich unterschiedlicher Geräte bei der Planung.

Beim **SCOP** (Seasonal Coefficient of Performance) werden vier unterschiedliche Betriebspunkte und zusätzlich elektrische Zusatzheizungen berücksichtigt. Er ist für die Auswahl effizienter Geräte noch besser geeignet als der COP.

Die **JAZ** (Jahresarbeitszahl) beschreibt die Effizienz der Wärmepumpe im realen Betrieb. Hier muss beachtet werden, welche Komponenten mitbe-

rücksichtigt wurden (nur die Wärmepumpe oder auch ein elektrischer Heizstab oder Speicherverluste). Für die Berechnung der JAZ wird die erzeugte Wärme (in Kilowattstunden, kWh) durch den eingesetzten elektrischen Strom (in kWh) geteilt. Die JAZ ist entscheidend für die tatsächlichen Heizkosten.

Je höher die JAZ ist, desto besser: Eine JAZ von 3 bedeutet, dass mit einer Kilowattstunde Strom drei Kilowattstunden Wärme erzeugt werden können. Außenluft-Wärmepumpen erreichen in Bestandsgebäuden Werte zwischen 2,5 und 3,8, Erdwärmepumpen Werte zwischen 3,3 und 4,7.

Betriebsweise

Wärmepumpen können unterschiedlich betrieben werden:

- **Monovalent:** Die Wärmepumpe deckt den Wärmebedarf auch im Winter vollständig allein.
- **Monoenergetisch:** Zusätzlich zur Wärmepumpe ist ein elektrischer Heizstab vorhanden, der bei niedrigen Außentemperaturen die Wärmepumpe unterstützt; zur Wärmeversorgung wird nur elektrischer Strom eingesetzt.
- **Bivalent:** Wenn die Leistung der Wärmepumpe bei niedrigen Temperaturen nicht ausreicht, um den gesamten Wärmebedarf zu decken, oder die Effizienz dann zu gering ist, wird ein zusätzlicher Wärmeerzeuger (z. B. Kessel) hinzugeschaltet, der ab einer Grenztemperatur (Bivalentpunkt) entweder gemeinsam mit der Wärmepumpe (bivalent-parallel) oder an deren Stelle (bivalent-alternativ) die Wärmeversorgung übernimmt. Systeme dieser Art werden auch als Hybrid-Heizungen bezeichnet. Bei Mehrfamilienhäusern wird der zweite Wärmeerzeuger teilweise auch für die Warmwasserbereitung eingesetzt, wenn hohe Temperaturen erforderlich sind.

Planung

Eine gute Planung ist sehr wichtig für niedrige Betriebskosten einer Wärmepumpe und das Erreichen einer hohen Jahresarbeitszahl – besonders im Altbau.

Energetischer Zustand der Gebäudehülle

Um eine Wärmepumpe richtig auszulegen, ist es nötig, den Energiebedarf und die Heizlast des

Gebäudes zu bestimmen. Dazu müssen die U-Werte der Gebäudehülle (Kennwerte für den Wärmeschutz der Bauteile) ermittelt und daraus der Energiebedarf für die tiefste rechnerische Außentemperatur des jeweiligen Ortes berechnet werden. Die Werte werden auch benötigt, um einen korrekten hydraulischen Abgleich, d. h. eine optimale Einstellung der Heizungswasser-Durchflussmengen für die einzelnen Räume, vorzunehmen. Wurde schon einmal eine Energieberatung für das Gebäude durchgeführt, so wurden diese Werte wahrscheinlich bereits bestimmt.

Berücksichtigung des aktuellen Energieverbrauchs

Der aktuelle bzw. durchschnittliche Energieverbrauch der letzten Jahre und die Leistung der vorhandenen Heizung können nur bedingt zur Auslegung der Wärmepumpe verwendet werden. Kessel für fossile Energien wurden in der Vergangenheit oft nicht nach der genauen Heizlast des Gebäudes ausgelegt, sondern überdimensioniert. Zudem kann es sein, dass Sanierungsmaßnahmen nicht berücksichtigt wurden, so dass bei einem Kesseltausch womöglich einfach ein ähnlicher Kessel eingebaut wurde. Ein korrekter hydraulischer Abgleich wurde nur in den seltensten Fällen durchgeführt.

Der Energieverbrauch hängt stark von der Nutzung eines Gebäudes ab. Viele Einfamilienhäuser werden nur noch teilweise bewohnt und entsprechend teilbeheizt. Das kann bei einer neuen Heizungsanlage mitberücksichtigt werden, jedoch erst, nachdem die Heizlast und der Energieverbrauch des Gebäudes richtig berechnet wurden. Eine „Pi mal Daumen“-Auslegung kann bei einer Wärmepumpe zu einer schlechteren Effizienz und unnötig hohen Energiekosten führen.

Wärmeverteilung/Wärmeübergabe

Die Wärmeverteilung muss bei einer Wärmepumpenheizung passend zum Haus ausgelegt werden, um die Vorlauftemperatur der Heizung möglichst gering zu halten. Jedes Grad, das die Vorlauftemperatur niedriger eingestellt werden kann, steigert die Effizienz und senkt die Betriebskosten der Heizungsanlage. Eine maximale Vorlauftemperatur von 55 °C sollte im Regelfall nicht überschritten, besser noch unterschritten werden.

Im Rahmen des hydraulischen Abgleichs werden die Heizleistung und Heizkörpergröße für jeden

Raum separat ermittelt. Sind die Heizkörper in einzelnen Räumen zu klein dimensioniert, müssen sie gegen Heizkörper mit einer größeren Wärmeabgabe ausgetauscht oder erweitert werden, um die Wärmeverteilung auf das Gebäude abzustimmen und das Ziel einer ausreichend niedrigen Vorlauftemperatur zu erreichen. Dies können im einfachsten Fall größere Heizkörper oder Heizkörper mit mehreren Lagen oder zusätzlichen Blechen zur Wärmeabgabe sein.

Es gibt jedoch weitere Alternativen, falls ein Heizkörperaustausch nicht ausreicht. Heizkörper aus Aluminium haben bei gleichen Abmessungen eine höhere Wärmeübertragung; spezielle Niedertemperaturheizkörper erreichen mit Ventilatorunterstützung eine hohe Wärmeabgabe.

Niedertemperaturheizkörper mit Ventilator



Bildquelle: Kermi GmbH (x-flair)

Wandheizelemente können zusätzlich oder alternativ in die Heizkreise integriert werden. Mit Decken- und Sockelleistenheizungen können niedrige Vorlauftemperaturen erreicht werden.

Beispiel für Flächenheizsysteme



Foto: www.sanha.com

Pufferspeicher

Pufferspeicher können Leistungsspitzen an kalten Tagen abpuffern und bei Außenluft-Wärmepumpen auch Energie für die Abtauung des Verdampfers an kalten Tagen bereitstellen. Wird ein spezieller (und günstigerer) Wärmepumpentarif genutzt, der dem Netzbetreiber z. B. die Abschaltung der Wärmepumpe bis zu 3 Mal für je 2 Stunden am Tag erlaubt, um das Stromnetz zu entlasten, kann ein Pufferspeicher diese Zeiten überbrücken. Wenn auf dem Gebäude eine Photovoltaikanlage vorhanden ist, sollte sie auch dazu genutzt werden, überschüssigen Solarstrom mit der Wärmepumpe besser nutzbar zu machen. Für die Zukunft ist zu erwarten, dass auch den Haushaltskunden mithilfe einer neuen Generation von Stromzählern („Smart Meter“) zeitabhängige Stromtarife angeboten werden. Bei hohem Solar- und Windstromangebot im Stromnetz wäre der Preis dann niedrig und die Wärmepumpe könnte den Wärmespeicher für eine spätere Nutzung aufladen.

Bei der Planung ist es wichtig, auch auf die Wärmeverluste des Speichers zu achten. Das gilt ebenso für Trinkwasserspeicher. Es ist ratsam, eine möglichst gute Dämmung entsprechend der Energieeffizienzklasse A zu verwenden.

Warmwasserbereitung

In Ein- oder Zweifamilienhäusern sollten die Trinkwasserspeicher ähnlich wie bei thermischen Solaranlagen so ausgelegt werden, dass der Warmwasservorrat für mindestens einen Tag ausreicht. Bei einem mittleren Warmwasserbedarf von 40–50 Litern pro Person und Tag sollte der Speicher für einen Vierpersonenhaushalt rund 300 Liter nicht unterschreiten. Dann kann der Speicher zuverlässig in den Tagstunden mit ggf. vorhandenem PV-Strom und bei höheren Außentemperaturen effizienter geladen werden und kühlt bis zum nächsten Tag nicht zu stark aus. Das Wasser im Warmwasserspeicher sollte im Normalbetrieb nicht über 50 °C erwärmt werden. Eine ggf. vorhandene Warmwasserzirkulation ist so kurz wie möglich zu betreiben, um Verteilverluste zu vermindern. Im Rahmen der Planung ist es bei Ein- und Zweifamilienhäusern sinnvoll zu prüfen, ob auf eine Zirkulation komplett verzichtet werden kann. Dadurch werden Verteilverluste deutlich reduziert und Energie eingespart.

Bei größeren Gebäuden mit mehreren Wohneinheiten, einem größeren zentralen TWW-Speicher

oder langen Anschlussleitungen zwischen Speicher und Zapfstelle kann dagegen auf eine Warmwasserzirkulation in der Regel nicht verzichtet werden. Wird in solchen Gebäuden eine komplette Sanierung des Heizungssystems inklusive der Warmwasserleitungen durchgeführt, kann überlegt werden, von einem zentralen System auf dezentrale Warmwasserbereitung umzurüsten: Durch den Einsatz von Frischwasserstationen in den Wohnungen kann die Vorlauftemperatur der Warmwasserbereitung von 60 °C auf etwa 50 °C reduziert werden. Die Wärmezufuhr in die Stationen erfolgt durch die Wärmepumpe aus dem Keller, das Kaltwasser wird aber erst in den einzelnen Wohnungen auf die Warmwassertemperatur gebracht.

Leitungsdämmung

Besonders über die Verteilleitungen in unbeheizten Bereichen, wie z. B. im Keller, kann viel Wärme unnötig verloren gehen. Daher ist es sinnvoll, besonders in diesen Bereichen alle warmen Rohrleitungen gut zu dämmen. Es sollten mindestens die heutigen gesetzlichen Vorschriften eingehalten werden, nach denen die Dicke der Dämmung dem Rohrdurchmesser entsprechen muss. Besser ist es jedoch, die Dämmstärke, wo dies möglich ist, zu verdoppeln. Ein besonderes Augenmerk sollte auf die Warmwasserzirkulationsleitungen gelegt werden, die ganzjährig Wärmeverluste verursachen.

Geräusche von Außenluft-Wärmepumpen

Bei der Aufstellung von Außenluft-Wärmepumpen muss berücksichtigt werden, dass diese Geräusche verursachen. In reinen Wohngebieten gilt tagsüber ein Grenzwert für die Schallimmissionen von 50 dB(A), die nicht überschritten werden sollten, nachts liegt er bei 35 dB(A). In Industriegebieten sind die Grenz- bzw. Richtwerte höher als in allgemeinen oder reinen Wohngebieten.

Durch leise Geräte, die Wahl des Aufstellorts und eine Verkapselung der Außeneinheit kann eine Wärmepumpe so geplant werden, dass die Geräusche nicht stören.

Sanierungsfahrplan

Bestehende Gebäude müssen immer wieder saniert und modernisiert werden, um die Gebäudesubstanz zu erhalten und technisch und energetisch auf einem aktuellen Stand zu bleiben. So wird

z. B. der Putz auf den Wänden erneuert oder die Fenster werden ausgetauscht. Wenn möglich, sollte bei solchen Sanierungsarbeiten immer auch der Wärmeschutz verbessert werden. Dies dient nicht nur der generellen Energieeinsparung, sondern führt beim Einsatz von Wärmepumpen außerdem dazu, dass die Heizungs-Vorlauftemperatur abgesenkt und somit die Effizienz der Wärmebereitung erhöht werden kann.

Allerdings können in der Regel nicht alle erforderlichen Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt werden. Wichtig ist, bei anstehenden Maßnahmen zukünftige Schritte schon mit zu bedenken, damit spätere Modernisierungen nicht durch aktuelle Arbeiten behindert werden. Z. B. sollten Dachüberstände größer ausfallen, sodass sie eine spätere Fassadendämmung berücksichtigen. Um alle zukünftigen Maßnahmen aufeinander abzustimmen, sollte ein individueller Sanierungsfahrplan (iSFP) erstellt werden, der vom Staat gefördert wird (www.bafa.de).

Beim iSFP ermittelt ein Energieberater oder eine Energieberaterin den Zustand des Gebäudes und schlägt Wege zur schrittweisen Modernisierung vor. Dabei sollte auch eine Wärmepumpe für die Beheizung und Warmwasserbereitung geprüft werden. Wenn der energetische Standard gegenwärtig noch nicht ausreicht, um eine Wärmepumpe wirtschaftlich zu betreiben, sollte der parallele Betrieb zusammen mit dem alten Kessel geprüft werden. Die Wärmepumpe kann z. B. auf den energetischen Zielzustand des Gebäudes bei vollständiger Umsetzung des iSFP ausgelegt werden und deckt bis dahin schon mehr als 80 % des Wärmebedarfs. Nach weiteren Sanierungsschritten kann die Wärmepumpe die Versorgung des Gebäudes dann alleine übernehmen.

Photovoltaik

Mit einer eigenen Photovoltaikanlage (PV-Anlage) kann nicht nur der Strom für den Haushalt, sondern teilweise auch für eine Wärmepumpe produziert werden. Strom aus einer PV-Anlage (ohne Stromspeicher) kostet im Einfamilienhaus um die 10–15 Cent pro Kilowattstunde, wenn man die einmaligen Investitionskosten der Anlage in jährliche Kosten umrechnet und auf die jährlich produzierte Strommenge bezieht. Dies stellt eine gute Möglichkeit dar, die Strom- bzw. Heizkosten dauerhaft zu reduzieren. Mit einer Wärmepumpe und dem PV-Strom kann im Sommer Warmwasser

bereitete und in den Übergangszeiten, also im Herbst und Frühjahr, auch das Gebäude beheizt werden.

Ob im Winter noch nennenswert Strom für den Wärmepumpenbetrieb erzeugt werden kann, hängt von Größe, Ausrichtung und Neigung der Module ab. Eine größere Modulfläche ist immer hilfreich und dient durch größere Überschüsse auch der Energiewende im allgemeinen Stromnetz, daher sollten geeignete Dachflächen möglichst vollständig ausgenutzt werden. Im Winter bringen Module mit einem steilen Winkel einen besseren Ertrag als flach montierte. Auch Module, die an einer Südfassade oder einem Südbalkongeländer montiert sind, erzielen im Winter verhältnismäßig gute Erträge.

Eine PV-Anlage kann die Wärmepumpe ergänzen



Bildquelle: IWU

Bei der Simulation eines Beispiel-Einfamilienhauses konnten mit einer 8-Kilowatt-Peak-PV-Anlage (45° Dachneigung, Süd-Ausrichtung und 3.500 kWh Haushaltsstromverbrauch) im unsanierten Zustand 17–22 % des Gesamtstromverbrauchs (Haushaltsstrom und Wärmepumpe) selbst erzeugt werden, im sanierten Zustand stieg der Wert auf 26–37 %, je nachdem, ob eine Nutzungsoptimierung des PV-Stroms (s. u.) durchgeführt wurde oder nicht. In absoluten Zahlen konnten 800–1.000 kWh Strom mehr direkt im Haus verwendet werden. Dabei wurde die PV-Anlage so betrieben, dass sie den Bedarf für Haushalts- und Wärmepumpenstrom deckte und nur überschüssiger PV-Strom zusätzlich für die Wärmepumpe verwendet wurde (optimierte Beladung des Speichers). Darüber hinausgehende Überschüsse werden ins Stromnetz eingespeist.

Nutzungsoptimierung PV-Strom

Um die Nutzung des PV-Stroms zu optimieren, sollte die Wärmepumpe vorzugsweise in Zeiten

mit Sonneneinstrahlung arbeiten. Bei der Warmwasserbereitung bietet es sich an, die Aufheizzeiten für den Warmwasserspeicher bei ausreichendem Volumen auf die Sonnenstunden (z. B. 10–16 Uhr) zu beschränken. Dies kann im einfachsten Fall in der Steuerung der Wärmepumpen über ein Zeitprogramm hinterlegt werden. Inverter-Wärmepumpen, die ihre Leistung anpassen können, haben den Vorteil, dass sie sich besser an das PV-Strom-Angebot anpassen können als unregelte Geräte.

Moderne Wärmepumpen besitzen eine sogenannte Smart-Grid-Ready(SG Ready)-Schnittstelle, über die sie auch von einer PV-Anlage oder einem Energiemanager angesteuert werden können, wenn z. B. überschüssiger Solarstrom zur Verfügung steht. Dann kann die Wärmepumpe einen Warmwasser- oder Pufferspeicher höher aufheizen als üblich.

Blick in die Zukunft

Wird heute in einem Haus die Heizung erneuert, so wird diese in der Regel mindestens 20 Jahre lang betrieben. In den nächsten 20 Jahren wird sich das Energiesystem in Deutschland aber grundlegend wandeln. Bis 2030 sollen 80 % des Stroms in Deutschland aus erneuerbaren Energien erzeugt werden und fossile Kraftwerke werden nur noch bei Windflauten und geringer Solarstrahlung einspringen. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass die Strompreise nicht mehr zeitlich konstant sind, sondern sich je nach Solar- und Windstromangebot und Nachfrage ändern.

Um von den schwankenden Strompreisen in einem solchen zukünftigen Energiesystem zu profitieren, wird es wichtig sein, dass auch die Wärmepumpe flexibel betrieben werden kann. Für diese Flexibilität benötigt sie Speicher, um Überschüsse im Stromnetz in Zeiten mit geringem Angebot an erneuerbarem Strom ausgleichen zu können, z. B. in der Nacht. Bei gleicher Speicherkapazität sind gegenwärtig Wärmespeicher preisgünstiger als Elektrospeicher. Bei der Planung einer Heizungsumstellung sollte ein Pufferspeicher deswegen ausreichend groß dimensioniert werden, sodass er die Heizwärme und den Warmwasserbedarf eines typischen Wintertags abdecken kann.

Damit die Wärmepumpenregelung zukünftig Informationen zum aktuellen Strompreis erhält, ist es außerdem sinnvoll, bei der Montage ein Kabel

für einen Kommunikationsanschluss im Haus zwischen Internetanschluss, Stromzähler und Wärmepumpe zu verlegen. Manche Regelungen bieten bereits heute Schnittstellen für Wetterprognosen oder CO₂-optimierten Betrieb. Bisher ist es noch nicht zwingend erforderlich, dass die Regelung den Strompreis berücksichtigt, da es noch kaum zeitvariable Tarife am Markt gibt. Es sollte aber die Möglichkeit der Nachrüstung berücksichtigt werden.

Energiekosten

In den letzten zwei Jahren sind die Energiepreise deutlich gestiegen und unterliegen gleichzeitig starken Schwankungen. Die zukünftige Preisentwicklung ist momentan schwer vorhersagbar. Vor allem das Verhältnis des Strompreises für Wärmepumpen zum Preis des fossilen Vergleichsbrennstoffs ist von Bedeutung. Liegt der Strompreis beim 2,5- bis maximal 3-Fachen des Brennstoffpreises, kann eine Wärmepumpe (WP) bereits jetzt mit geringeren Kosten betrieben werden. Setzt man für Öl und Gas den Preis der 2023 eingeführten Gaspreisbremse an (12 ct/kWh) und unterstellt einen Jahresnutzungsgrad des Heizkessels von 90 %, so ergibt sich je nach Effizienz der Anlage folgendes Bild für den maximalen Strompreis, damit die Wärmepumpe im Betrieb preiswerter ist als eine Heizung mit fossilen Brennstoffen:

Beispiel: Zusammenhang von Strompreis, JAZ und Gaspreis einer Heizung mit fossilen Brennstoffen

Gas-/Ölpreis (Beispiel Gaspreisbremse, Brennwertkessel) [ct/kWh]	12	12	12	12
JAZ WP	2,5	3	3,5	4
Strompreis, unter dem der Betrieb der WP ge- genüber dem Kessel wirt- schaftlich wird [ct/kWh]	33	40	47	53

Entscheidend für die Heizkosten ist dabei die Effizienz der Wärmepumpenanlage. Je höher die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist, desto geringer werden die Heizkosten.

In der folgenden Tabelle ist dargestellt, wie sich die Wärmepreise mit steigender JAZ reduzieren und wie sich eine PV-Anlage darauf auswirkt. Der Strom der PV-Anlage wurde mit Kosten von 8,2 ct/kWh berücksichtigt. Dies entspricht der

Einspeisevergütung bei Überschusseinspeisung ins Netz und damit dem Betrag, der nicht ausbezahlt würde, wenn ein Teil des Überschusses stattdessen in der Wärmepumpe verwendet wird (Annahme: Ein Viertel des jährlichen Wärmepumpenstroms wird auf diese Weise durch die PV-Anlage gedeckt).

Wärmepreis in Abhängigkeit von der JAZ mit und ohne PV-Strom (Betriebskosten ohne Berücksichtigung der Investition)

Strompreis (Beispiel: Heizstrom Strompreisbremse) [ct/kWh]	28	28	28	28
JAZ WP	2,5	3	3,5	4
Wärmepreis [ct/kWh]	11	9	8	7
Wärmepreis (inkl. 1/4 PV-Strom) [ct/kWh]	9	8	7	6

Der selbst verbrauchte PV-Strom (1/4) kann den Wärmepreis in einer ähnlichen Größenordnung reduzieren wie die Steigerung der JAZ der Wärmepumpe von 2,5 auf 3,0.

Bis auf den Preis des eigenen PV-Stroms werden sich jedoch während der Lebensdauer der Anlage von ca. 20 Jahren die Energiepreise unterschiedlich entwickeln, was gegenwärtig nur schwer vorhergesagt werden kann. Sicher ist nur, dass fossile Brennstoffe sich durch den steigenden CO₂-Preis kontinuierlich verteuern werden.

Förderung der Investitionskosten (Stand Januar 2023)

In den vergangenen Jahren (2020 bis 2022) sind die Investitions- und Handwerkerkosten für eine Wärmepumpenheizung deutlich angestiegen. Gleichzeitig gibt es aber aktuell teils sehr attraktive Fördermöglichkeiten. Über die langfristige Entwicklung von Kosten und Förderung sind an dieser Stelle keine Aussagen möglich. Die wirtschaftlichen Bedingungen für die Installation und den Betrieb einer Wärmepumpe sind also immer in der jeweiligen aktuellen Entscheidungssituation zu prüfen.

Um die höheren Investitionskosten auszugleichen, werden Wärmepumpenheizungen über die Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen (BEG EM) mit anteiligen Kostenzuschüssen gefördert. Die Grundförderung liegt bei einem

Zuschuss von 25 %. Zusätzlich werden 10 % beim Austausch einer alten Gas-, Öl-, Kohle- oder Nacht-speicherheizung gewährt, wobei Gasheizungen älter als 20 Jahre sein müssen. Für Gasetagenheizungen gibt es Sonderregelungen. Wird als Wärmequelle Wasser, Erdreich oder Abwasser genutzt, erhält man weitere 5 %. Der Einsatz von natürlichen Kältemitteln wie z. B. Propan (R290) oder Kohlendioxid (R744) wird mit einem zusätzlichen Bonus von 5 % gefördert.

Wärmepumpenzuschuss gemäß BEG EM 2023

	ZUSCHUSS
Grundförderung	25 %
Heizungstausch-Bonus	10 %
Wärmequellen-Bonus	5 %
oder	
Bonus für natürliche Kältemittel	5 %
MAXIMALE FÖRDERUNG	40 %

Somit ist eine Förderung von 40 % für alle Wärmequellen möglich, Außenluft-Wärmepumpen erreichen die 40 % Zuschuss bei der Verwendung eines natürlichen Kältemittels.

Alle Wärmepumpen müssen ab 2023 eine rechnerische Jahresarbeitszahl von 2,7 erreichen (3,0 ab 2024).

Förderanträge sind vor der Auftragsvergabe zu stellen. Es wird empfohlen, einen Energieeffizienz-Experten bzw. eine -Expertin (EEE) zur Beratung und Abwicklung hinzuzuziehen, es ist jedoch auch möglich, die Anträge selbst zu stellen. Weitere Informationen zur Beantragung sind unter www.bafa.de zu finden.

Hinweis: Da sich die Fördersätze und Förderbedingungen ändern können, sind die jeweils aktuellen Regelungen zu beachten.

Praxisempfehlungen

Abschließend sind hier noch einige Empfehlungen für die Umsetzung und den Betrieb einer Wärmepumpe im Altbau zusammengestellt.

Geräteauswahl

- Wärmepumpen mit im Vergleich höheren Gerätekennwerten (SCOP) ermöglichen das

Erreichen einer höheren Effizienz im Anlagenbetrieb, also einer höheren Jahresarbeitszahl (JAZ).

- Erdreich- und Grundwasser-Wärmepumpen sind generell deutlich effizienter als Außenluft-Wärmepumpen und verursachen im Außenbereich in der Regel keine Geräuschemissionen. Ihr Einsatz ist aber nicht überall möglich und die Vorteile sind mit den Nachteilen einer aufwendigeren Installation und höherer Investitionskosten abzuwägen.
- Auf geringe Schallemissionen im Innen- und Außenbereich ist zu achten, insbesondere bei Außenluft-Wärmepumpen.

Installation

- Heizlast exakt berechnen lassen
- Hydraulischen Abgleich der Wärmeverteilung durchführen lassen
- Vorlauftemperatur minimieren, zu kleine Heizkörper tauschen, ggf. Heizflächen vergrößern
- Trinkwarmwasserzirkulation vermeiden
- Möglichst Pufferspeicher für Heizung und Warmwasser vorsehen, insbesondere bei Nutzung von Solarstrom aus der eigenen Photovoltaikanlage
- Regelung zur optimierten Speicherbeladung durch Solarstrom installieren
- Sehr gute Dämmung aller Verteilleitungen und Speicher, Leitungslängen minimieren

Betrieb

Anlage überwachen:

- regelmäßige Auswertung der Arbeitszahl der Anlage (mindestens quartalsweise) und bei Abweichung von den Planwerten Wartung bzw. Optimierung durchführen lassen
- zu diesem Zweck einen Stromzähler (bei Wärmepumpentarif bereits vorhanden) und einen Wärmezähler nach der Wärmepumpe einbauen lassen; evtl. können die Werte aus der Steuerung der Wärmepumpe ausgelesen werden
- Heizkurve anpassen (Vorlauftemperatur absenken), wenn der Wärmeschutz der Gebäudehülle verbessert wird
- Zuschaltung des elektrischen Heizstabs kontrollieren: Wird dieser zu oft aktiviert?

Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Forschungseinrichtung des Landes Hessen
und der Stadt Darmstadt
Rheinstr. 65, 64295 Darmstadt; www.iwu.de
Tel.: +49 (0)6151 29 04 - 0
info@iwu.de

Autoren

Stefan Swiderek, Marc Großklos, Guillaume Behem

Technische Beratung

Hans-Jürgen Seifert, Andreas Hofheinz, Florian Köhler-Langes

Redaktion

Lena Lindhoff

Stand: 31.05.2023

Diese Information für Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer wurde mit Förderung des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen erstellt.