

Wärmepumpen

Grundlagen – Planung – Betrieb

» Hier geht's
direkt
zum Buch

DIE LESEPROBE

Davon abzugrenzen sind Warmwasserwärmepumpen (auch Brauchwasserwärmepumpen), die ausschließlich für die Erwärmung von Wasser zuständig sind und die mit einem anderen Heizungssystem (Pellet- oder Gasheizung, Fernwärme) kombiniert werden. Auf diesen Sonderfall geht Kapitel 5, »Warmwasserwärmepumpen«, ein.

2.4 Luft-Wasser-Wärmepumpen

Die Luft-Wasser-Wärmepumpe (LWWP) bzw. umgangssprachlich die Luftwärmepumpe ist momentan die populärste Form einer Heizungswärmepumpe (siehe auch Abbildung 2.4): Von den rund 240.000 im Jahr 2022 in Deutschland verkauften Heizungswärmepumpen entfielen 140.000 auf Luftwärmepumpen in Monoblock-Bauweise. Dazu kamen weitere 65.000 Luftwärmepumpen in Split-Bauweise. Der Hauptgrund für die Popularität von Luftwärmepumpen besteht darin, dass bei der Errichtung keine kostenintensive Tiefenbohrung erforderlich ist.

Was ist nun der Unterschied zwischen den Monoblock- und Split-Bauweisen?

- ▶ **Monoblock-Bauweise:** In diesem Fall handelt es sich bei der Wärmepumpe um *ein* Gerät, das üblicherweise außen aufgestellt wird. Die Übertragung der Wärme in das Haus erfolgt über den Heizwasserkreislauf.

Genau genommen hat auch ein Monoblock-Gerät zur Außenaufstellung ein Innengerät. Im einfachsten Fall besteht es nur aus einer kleinen Steuerungseinheit samt einem Display zur Bedienung. Je nach Ausführung kann das Innengerät aber auch weitere Komponenten inkludieren, z. B. Pumpen für den Heizungskreislauf sowie einen Warmwasserboiler (Bezeichnung »Hydraulik-Tower«).

In Ausnahmefällen kann ein Monoblock-Gerät innen aufgestellt werden. Allerdings muss dann durch richtig große Luftkanäle sichergestellt werden, dass ausreichend Frischluft angesaugt und die abgekühlte Luft wieder weggeblasen werden kann.

- ▶ **Split-Bauweise:** Bei der Split-Bauweise besteht die Wärmepumpe aus zwei Geräten. Der Außenteil enthält den Verdampfer und einen großen Ventilator, der das abgekühlte Kältemittel durch die Umgebungsluft erwärmt. Im Innenteil wird dem durch den Kompressor erwärmten Kältemittel die Heizwärme entzogen.

Der entscheidende Unterschied liegt im Kältemittelkreislauf, der beide Geräte verbindet. Es ist also das Kältemittel, das die Wärme vom Außenteil der Wärmepumpe nach innen überträgt, nicht das Heizungswasser.

Beide Systeme haben Vor- und Nachteile, auf die ich im Anschluss eingehe.

Die Monoblock-Bauweise bei Außenaufstellung

Zuerst erläutere ich Ihnen den Aufbau der beiden Gerätetypen, wobei ich mit der mittlerweile beliebteren Monoblock-Variante beginne (siehe Abbildung 2.5): Das entscheidende Merkmal dieser Bauweise besteht darin, dass sich der gesamte Kältemittelkreislauf innerhalb des Geräts befindet. Dazu kommt ein oft riesiger Ventilator, der sich darum kümmert, die Außenluft zum Verdampfer zu blasen, und so das an dieser Stelle sehr kalte Kältemittel aufwärmt. Zum Haus führen nur Heizwasserleitungen (Vor- und Rücklauf), ein Stromkabel sowie eine Steuerungsleitung.

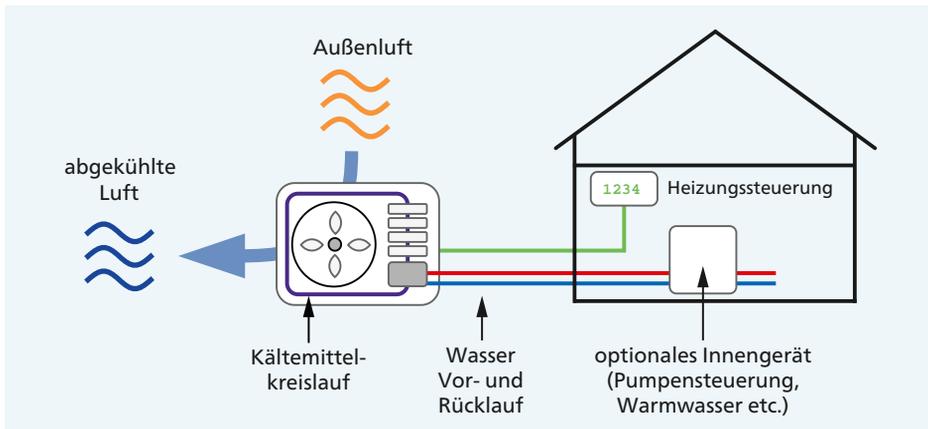


Abbildung 2.5 Schema einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in Monoblock-Bauweise

Naturgemäß müssen die Wasserleitungen ins Haus gut isoliert werden, um einen Wärmeverlust zu vermeiden. Der Weg in den Keller bzw. zum Technikraum sollte möglichst kurz sein. Ein großer Nachteil des Monoblock-Konzepts besteht darin, dass die Leitungen zufrieren können, wenn die Heizungsanlage vorübergehend nicht in Betrieb ist – z. B. bei einem Defekt oder im Rahmen von Umbauarbeiten.

Im einfachsten Fall führen die Wasserleitungen direkt in die Fußbodenheizung sowie über ein Dreiwegeventil in einen Warmwasserboiler. Manche Hersteller bieten diese Komponenten in Form eines zur passenden Innengeräts an, das dann auch die Steuerungseinheit inkludiert. Bei anderen Modellen ist es die Aufgabe der Installationsfirma, die Integration mit dem Heizungssystem herzustellen. In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, einen Pufferspeicher (vereinfacht: einen großen Wasserbehälter) vorzuschalten.

Generell betrachte ich an dieser Stelle die Einbindung der Wärmepumpe in die restliche Heizungsanlage nicht und gehe auf dieses Thema erst in Kapitel 3, »Integration in die Heizungsanlage«, ausführlich ein. Dort erläutere ich auch den Unterschied zwischen Wärmeabtragungssystemen (Fußbodenheizung, Konvektionsheizkörper, Wandheizung) sowie zwischen verschiedenen Puffervarianten.

Die Monoblock-Bauweise bei Innenaufstellung

Üblicherweise werden Luft-Wasser-Wärmepumpen in Monoblockbauweise außen aufgestellt. Es ist aber auch eine Innenaufstellung denkbar (siehe Abbildung 2.6). Das hat den Vorteil, dass die Wärmepumpe besser vor Wettereinflüssen geschützt ist und sämtliche Heizfunktionen in ein einziges Gerät integriert werden können. Die Wärmeverluste in den Heizwasserleitungen entfallen. Außerdem gibt es weniger Vereisungsprobleme.

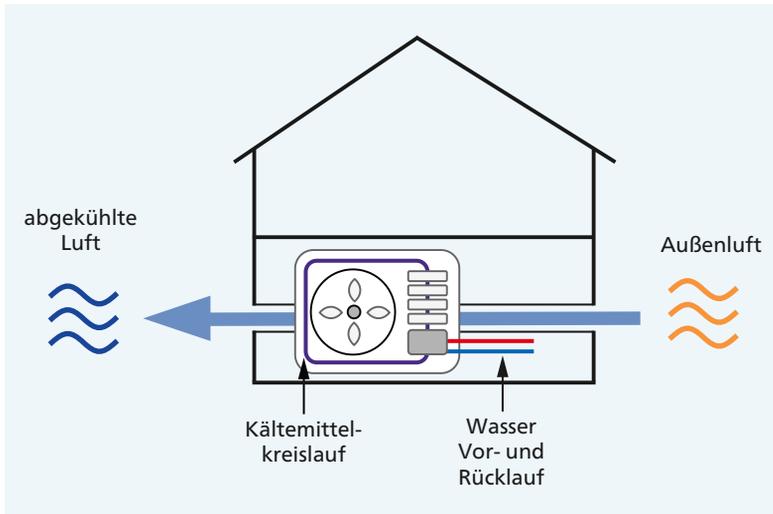


Abbildung 2.6 Innenaufstellung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in Monoblockbauweise

Dem steht allerdings ein großer Nachteil entgegen: Es müssen große Mengen Außenluft bis zur Wärmepumpe und von dort wieder nach außen geführt werden. Diese Kanäle müssen daher einen möglichst ungehinderten Transport von mehreren Tausend m^3 pro Stunde ermöglichen. Der Luftvolumenstrom ist im Datenblatt der Wärmepumpe angegeben. Ein grober Richtwert sind $250 \text{ m}^3/\text{h}$ pro kW Leistung. Der Volumenstrom der Viessmann Vitocal 350-A mit einer Leistung von 14 kW beträgt beachtliche 4000 m^3 pro Stunde, das ist mehr als ein Kubikmeter pro Sekunde!

Bei der Auslegung des Kanalsystems muss der maximal zulässige Druckverlust beachtet werden. Dieser Wert befindet sich ebenfalls im Datenblatt der Wärmepumpe (Einheit Pascal, Abkürzung Pa). Der Druckverlust ist umso höher, je mehr Luft transportiert werden muss, je länger die Kanäle sind, je kleiner der Querschnitt ist und je mehr Bögen erforderlich sind. Bei kleinen Wärmepumpen sollte der Querschnitt zumindest $50 \times 50 \text{ cm}^2$ betragen, bei Wärmepumpen mit hoher Leistung mehr (z. B. $80 \times 80 \text{ cm}^2$). Außerdem müssen die Widerstände der Außenabdeckungen bzw. Wetterschutzgitter beachtet werden.

Zwar werden Sie die Luftkanäle nicht wie in der schematischen Abbildung 2.6 quer durch den ganzen Keller leiten. Die Kanäle sollten ja so kurz wie möglich sein. Sie müssen aber unbedingt darauf achten, dass kein sogenannter »thermischer Kurzschluss« entstehen kann: Davon spricht man, wenn die kalte, ausgeblasene Luft beim Lufteinlass wieder angesaugt wird. In diesem Fall wird die Luft immer kälter; es kann ihr keine Wärme mehr entzogen werden, und die Wärmepumpe muss einen Heizstab verwenden, damit überhaupt noch Heizungswärme produziert werden kann (siehe auch Abschnitt 2.10, »Betriebsweise von Wärmepumpen«).

Daher sollten die beiden Kanäle ausreichend weit voneinander entfernt sein. Soweit die räumlichen Gegebenheiten es zulassen, ist eine Überecklösung ideal, wo die Luft z. B. südseitig angesaugt und ostseitig ausgeblasen wird. Sie sehen schon: Die Realisierung der Luftkanäle ist oft das größte Hindernis bei einer Innenaufstellung einer Luftwärmepumpe.

Geräuschkulissen innen oder außen?

Ich werde gleich darauf eingehen: Gerade Luftwärmepumpen sind nicht ganz lautlos. Ob die Innenaufstellung diesbezüglich ein Vor- oder Nachteil ist, müssen Sie selbst entscheiden: Für die Innenaufstellung spricht, dass die Nachbarschaft nicht beeinträchtigt wird. Allerdings haben nun Sie selbst eine Lärmquelle im Haus. Das ist nur empfehlenswert, wenn der Technikraum gut schalldruckpegelisoliert von anderen Räumen ist, z. B. in einem Keller oder Nebengebäude oder der angrenzenden Garage.

Monoblock-Ausführung für DIY-Projekte

Dieses Buch erhebt nicht den Anspruch, Ihnen ausreichend Wissen für Selbstbauprojekte zu vermitteln. Die Heizungssanierung und der Einbau einer Wärmepumpe in Eigenregie können zwar viel Geld sparen, erfordern aber eine Menge Geschick, detailliertes Fachwissen und vor allem Erfahrung.

Im Internet gibt es diverse Anleitungen und Videos zu diesem Thema. Wenn Sie ein DIY-Projekt in Betracht ziehen, kommt eigentlich nur eine Monoblock-Wärmepumpe infrage. Der entscheidende Vorteil ist der abgeschlossene Kältemittelkreislauf, den Sie nie anrühren müssen. In Bastlerkreisen sehr beliebt sind Modelle von Panasonic mit den merkwürdigen Namen Geisha, Heisha oder Jeisha. Diese Namen sind auf jeden Fall leichter zu merken als Modellnummern wie WH-MDC05J3E5 für das 5-kW-Aquarea-Monoblockmodell in der aktuellen Generation J.

Wenn Sie ein Sanierungsprojekt in Eigenregie in Erwägung ziehen, werfen Sie einen Blick auf die folgende Seite. Dort finden Sie eine ganze Serie von Blog-Artikeln, die einen erfolgreichen Einbau einer Monoblock-Wärmepumpe beschreiben:

<https://www.travelonmymind.de/geisha-heisha-jeisha-monoblock-von-panasonic>

Split-Bauweise

Bei der Split-Bauweise wird die Luftwärmepumpe in zwei Teile zerlegt:

- ▶ Der Außenteil, der nun etwas kleiner ausfällt, enthält den Ventilator und den Verdampfer.
- ▶ Der Innenteil beinhaltet die Steuerung und den Kondensator. Hier erfolgt also die Übertragung der im Kältemittel transportierten Wärme auf den Heizungskreislauf (siehe Abbildung 2.7).

Der Kältekreislauf durchläuft beide Geräteteile, führt also vom Außengerät zum Innengerät und wieder zurück.

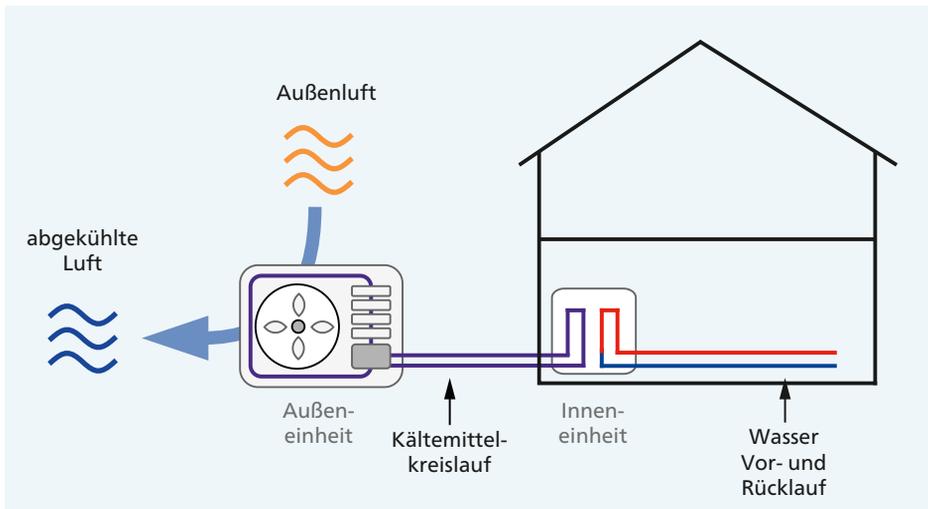


Abbildung 2.7 Luft-Wasser-Wärmepumpe in Splitbauweise

Der Verdichter (Kompressor) kann je nach Bauweise im Innen- oder im Außengerät platziert werden. Modelle mit dem Kompressor im Innenteil haben den Vorteil, dass das Außenteil relativ leise ist. Einzig der Ventilator erzeugt ein Geräusch. Der Kompressor brummt jetzt aber innen, was unter Umständen nicht die Nachbarschaft, sondern Sie selbst stört.

Je nach Modell wird das Innengerät mit einem Puffer oder Warmwasserboiler zu einem »Hydraulik-Tower« kombiniert (siehe Abbildung 2.8). Zusammen mit der ebenfalls integrierten Umwälzpumpe wird die Wärmepumpe zum Komplettgerät, das sich ohne weitere Zusatzgeräte oder Puffer um die Austragung des Heizwassers und um die Warmwasserversorgung kümmert.

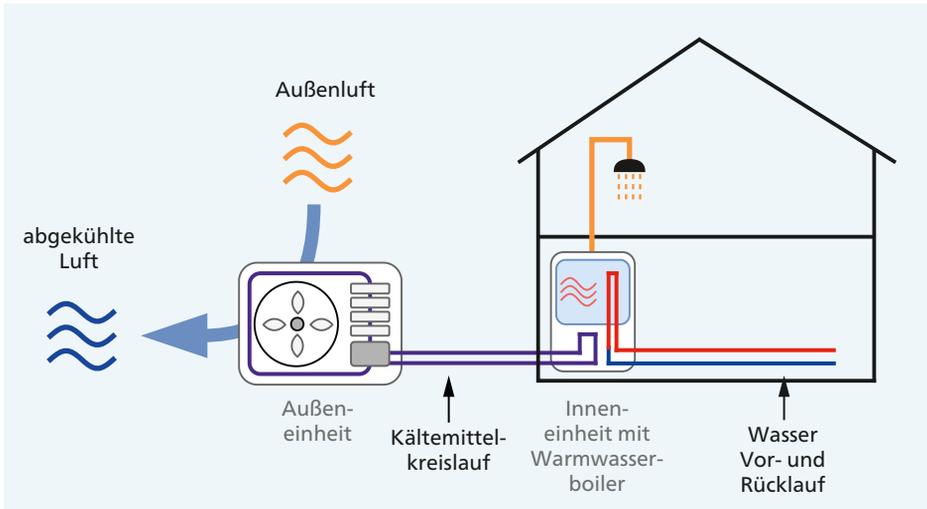


Abbildung 2.8 Luft-Wasser-Wärmepumpe in Splitbauweise mit integriertem Warmwasserboiler

Die Trennung zwischen Innen- und Außengerät hat mehrere Vorteile:

- ▶ Es ist ausgeschlossen, dass der Kältemittelkreislauf bei einer Fehlfunktion einfriert. (Das Kältemittel hat einen viel tieferen Gefrierpunkt als Wasser.)
- ▶ Die Isolierung der relativ dünnen Rohre des Kältemittelkreislaufs ist mit weniger Aufwand verbunden als bei Wasserleitungen für Vor- und Rücklauf.
- ▶ Der Abstand zwischen dem Außengerät und dem Technikraum darf etwas größer sein als bei einem Monoblock-Gerät. Generell ist aber bei beiden Bauweisen ein möglichst kleiner Abstand zwischen Innen- und Außengerät anzustreben.
- ▶ Falls sich der Kompressor bei dem von Ihnen gewählten Modell im Innengerät befindet, ist das Außengerät leiser. (Diesen Punkt müssen Sie bei der Modellauswahl recherchieren: Manche Hersteller von Split-Wärmepumpen bauen den Kompressor im Innengerät ein, andere platzieren ihn im Außengerät.)

Wo Licht ist, ist zumeist auch Schatten. Es gibt auch einige Argumente gegen die Splitausführung:

- ▶ Der Kältemittelkreislauf ist wesentlich länger. Dementsprechend ist mehr Kältemittel erforderlich, unter Umständen ein Mehrfaches dessen, was in einem Monoblockgerät ausreicht.

Wie ich in Abschnitt 2.9, »Kältemittel«, noch ausführen werde, sind Kältemittel recht unangenehme Chemikalien: Die meisten gängigen Substanzen sind giftig oder stark klimaschädlich. Sollte die Menge des Kältemittels 3 kg überschreiten, sind regelmäßige Dichtheitskontrollen erforderlich.

Immer mehr moderne Wärmepumpen verwenden Propan. Dieses Kältemittel ist weit weniger klimaschädlich und kann besonders hohe Vorlauftemperaturen erzielen; dafür ist es aber brennbar. Weil die Split-Ausführung relativ große Kältemittelmengen mit sich bringt, gibt es Luftwärmepumpen mit Propan aktuell nur in der Monoblock-Ausführung.

- ▶ Der Kältemittelkreislauf muss von einem speziell ausgebildeten »Kältetechniker« ausgeführt werden. Die erforderliche Qualifikation wird in Deutschland »Kälteschein« genannt.
- ▶ Splitgeräte sind – bei ansonsten gleicher Funktion – in der Regel ein wenig teurer als Monoblockgeräte. Auch die Installationskosten sind wegen des komplizierten Handlings mit dem Kältemittel etwas höher.

Die mitunter schwierige Ableitung von Kondenswasser ist bei beiden Gerätetypen gleichermaßen erforderlich.

Kondenswasser (Kondensat)

Luftwärmepumpen entziehen der Außenluft Wärme. Dabei kondensiert das in der Luft enthaltene Wasser. Warme Luft nimmt mehr Wasser auf als kalte Luft. Sie kennen das aus dem Sommer, wenn es drückend heiß und schwül ist: Unangenehm ist nicht nur die Hitze, sondern auch die hohe Luftfeuchtigkeit. Wenn nun warme Luft abgekühlt wird, setzt sich Wasser an kühlen Oberflächen ab. Genau das passiert auch in der Wärmepumpe.

Das Kondensat ist ungiftig, es ist einfaches Kondenswasser. Sie müssen sich lediglich darum kümmern, dass das Wasser versickern kann bzw. mit der Hausentwässerung abgeleitet wird. Die Mengen können durchaus beträchtlich sein. Unter normalen Umständen sind ein paar Liter Kondensat pro Tag zu erwarten, in sehr seltenen Extremfällen können es bei einer leistungsstarken Wärmepumpe aber bis zu 50 Liter pro Tag werden.

Luftwärmepumpen werden im Freien in der Regel auf einen Betonsockel aufgestellt. Sie bzw. Ihre Fachfirma sollten sich schon bei der Errichtung dieses Sockels Gedanken darüber machen, ob das Wasser versickern kann bzw. wohin es abgeleitet werden soll.

Probleme mit dem Kondensatabfluss sind vor allem im Winter zu erwarten, wenn das Kondenswasser friert, bevor es versickern oder abfließen kann. Dann entsteht rund um die Wärmepumpe eine gefährliche Eisplatte (siehe Abbildung 2.9). Abhilfe schafft ein senkrechtes Abflussrohr, das bis unter die Frostgrenze in einen Sickerbereich führt. Alternativ muss das Abflussrohr im Winter beheizt werden, z. B. indem das Rohr parallel zum Heizungsrücklauf verlegt wird.



Abbildung 2.9 Vereister Boden rund um eine Luftwärmepumpe

Mengenabschätzung

Luft kann bei 20 °C und 100 % Luftfeuchtigkeit ca. 17 g Wasser aufnehmen. Wird die Luft durch die Wärmepumpe auf 15 °C abgekühlt, fallen knapp 4 g Kondenswasser an. Eine Wärmepumpe kann pro kW Leistung ca. 250 m³ Luft umsetzen. Eine Wärmepumpe mit 10 kW unter Volllast könnte also 2500 × 4 g Wasser pro Stunde produzieren, also ca. 10 Liter. Allerdings ist bei 20 °C Außentemperatur nicht zu erwarten, dass die Wärmepumpe mit Volllast arbeitet.

Bei niedrigeren Temperaturen enthält die Luft wiederum viel weniger Wasser, bei 0 °C maximal 5 g. Bei einer Abkühlung um 5 °C entstehen nur 1,5 g Kondensat. Das ergibt bei 10 kW Leistung unter Volllast weniger als 4 Liter Kondensat pro Stunde. Wenn die Wärmepumpe nun 12 Stunden unter Volllast arbeitet, erreichen wir die vorhin erwähnten 50 Liter. Wie gesagt, solche Mengen sind die Ausnahme, nicht die Regel! Aber natürlich muss der Kondensatabfluss damit zurechtkommen.

Vereisung

Im Winter kann nicht nur der Kondensatabfluss vereisen, auch in der Wärmepumpe selbst kann es zu Vereisungsproblemen kommen. Davon betroffen sind die Lamellen des Wärmetauschers des Verdampfers: Hier strömt die Außenluft auf das wesentlich

kältere Kältemittel. Der Luft wird Wärme entzogen, es entsteht das vorhin erwähnte Kondensat. An Wintertagen mit hoher Luftfeuchtigkeit (denken Sie an nebliges Wetter Ende November) friert das Kondensat, bevor es abrinnen kann. Am ehesten tritt dieses Problem an Tagen auf, an denen Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt herrschen. Bei noch kälteren Temperaturen ist die Luft weniger feucht, die Vereisungsgefahr nimmt wieder ab.

In einem gewissen Ausmaß ist die Vereisung normal und stört den Betrieb nicht nennenswert. Es kann allerdings sein, dass die Steuerung der Wärmepumpe erkennt, dass die Luftzufuhr nicht ideal funktioniert. Dann wird der Ventilator auf eine höhere Drehzahl gestellt. Die Wärmepumpe wird lauter, die Laune der Nachbarn schlechter.

Mit zunehmender Vereisung wird der Luftstrom durch den Verdampfer aber schließlich so stark blockiert, dass der Verdampfer nicht mehr richtig funktioniert, die Außenluft das Kältemittel also nicht mehr erwärmen kann. Im schlimmsten Fall vereist sogar der Ventilator und kann sich nicht mehr drehen. Die Steuerung der Wärmepumpe erkennt dieses Problem und startet einen Abtauprozess:

- ▶ **Heißgasabtauung:** Bei guten Geräten wird dazu der Kreislauf vorübergehend umgekehrt. Die Wärmepumpe verwendet also warmes Wasser aus dem Heizungskreislauf, um damit das Kältemittel und in weiterer Folge den Verdampfer zu erwärmen. Diese Methode wird auch »Heißgasabtauen« genannt. Während des Abtauprozesses kann die Wärmepumpe nicht heizen und entzieht dem Haus auch noch Wärme.
- ▶ **Elektrische Abtauung:** Alternativ kann der Verdampfer auch mit einer elektrischen Heizung ausgestattet sein. Das ist konstruktiv einfacher, aber energetisch ineffizienter. Der Strombedarf der Wärmepumpe steigt vorübergehend stark an. Während bei einer Kreislaufumdrehung immer noch das Prinzip einer Wärmepumpe aufrecht bleibt (Leistungszahl größer 1), gilt dies beim elektrischen Abtauen nicht.

Nach dem Abtauen wird die Wärmepumpe nicht sofort wieder gestartet. Vielmehr gibt es noch eine Ruhezeit, in der das Wasser abtropfen kann. Wie auch immer die technische Durchführung aussieht: Die Enteisung kostet Energie, die an feuchten, kalten Tagen durchaus erheblich sein kann. Der Prozess kann sich im Verlauf eines Tages mehrfach wiederholen. Über das ganze Jahr gesehen sollte die Leistungszahl (genau genommen: die Jahresarbeitszahl) der Wärmepumpe durch die Enteisung aber nicht nennenswert sinken.

Wenn Ihre Wärmepumpe im Winter allerdings ständig vereist, liegt vermutlich ein technisches Problem vor, und Sie müssen Ihren Installateur bitten, sich das anzusehen. Mögliche Ursachen sind fehlerhafte Teile, ein undichter Kältemittelkreislauf, eine zu knappe Auslegung der Wärmepumpe oder ein ungünstiger Aufstellungsort mit unzureichender Luftzu- und -abfuhr. Unter Umständen kann es helfen, die

Wärmepumpe vor Regen oder Schnee zu schützen, also zu überdachen (aber so, dass Luftzu- und -abfuhr nicht behindert werden!).

Generell gilt: Ihre Wärmepumpe wird besser funktionieren, wenn Sie an einem sonnigen, trockenen Ort wohnen. Orte mit hoher Luftfeuchtigkeit an Seen, Flüssen sowie in Beckenlagen mit Tendenz zu Inversionslagen (Nebel) sind weniger gut geeignet. Wenn die Möglichkeit besteht, sollten Sie hier eine Erdwärmepumpe in Betracht ziehen.

Es gibt im Internet diverse Berichte von Wärmepumpenbetreibern, die am Vereinungsproblem und an der mangelnden Hilfeleistung durch Installateur- und/oder Herstellerfirma schier verzweifeln.

Lärmentwicklung

Das größte Problem von Luftwärmepumpen ist deren Lärmentwicklung. Zwar sind moderne Wärmepumpen viel leiser als ältere Modelle, aber ganz lautlos werden Wärmepumpen nie sein. Modulierende Modelle (siehe Abschnitt 2.10, »Betriebsweise von Wärmepumpen«) sind immerhin in der Lage, in der Nacht die Leistung zu reduzieren und auf diese Weise die Schallausbreitung weiter zu reduzieren.

Warum kann eine Luftwärmepumpe nicht lautlos sein?

- ▶ Zum einen müssen große Mengen Luft bewegt werden. Dazu ist ein Ventilator erforderlich. Grundsätzlich gilt: Je größer der Ventilator, desto besser! Das klingt auf den ersten Blick widersinnig, aber es gibt eine einfache Begründung für diese Regel: Ein Ventilator mit großem Durchmesser bewegt mit einer Umdrehung mehr Luft als ein kleineres Modell. Daher kann ein großer Ventilator langsamer und somit leiser laufen.
- ▶ Zum anderen muss der Kompressor das Kältemittel verdichten. Der dafür erforderliche Motor läuft im Betrieb ununterbrochen. Selbst bei einer guten Schalldämmung des Wärmepumpengehäuses entstehen dabei Geräusche.

Ihre Pläne, eine Luftwärmepumpe zu installieren, werden in der Nachbarschaft daher auf wenig Begeisterung stoßen. Letztlich müssen Sie Gesetze einhalten, die die maximale Schalleistung je nach Wohngebiet festschreiben (siehe Abschnitt 7.5, »Gesetzliche Regeln für die Errichtung von Wärmepumpen«). Je nach Region ist die Aufstellung einer Luftwärmepumpe zudem genehmigungspflichtig.

Sollten Sie die vorgeschriebenen Mindestabstände nicht einhalten können, müssen Sie nach Alternativen suchen und z. B. eine Innenaufstellung einer Wärmepumpe anstreben (sei es eine Luftwärmepumpe in Monoblockausführung, sei es eine Erdwärmepumpe).

Aufstellungsort

Es ist gar nicht so einfach, den idealen Ort zur Aufstellung einer Luftwärmepumpe bzw. des Außenteils eines Split-Geräts zu finden:

- ▶ In einigen Bundesländern Deutschlands muss die Wärmepumpe mindestens 3 m von der Grundstücksgrenze entfernt aufgestellt werden (siehe auch Abschnitt 7.5, »Gesetzliche Regeln für die Errichtung von Wärmepumpen«).
- ▶ Die Wärmepumpe sollte möglichst nah zum Technikraum oder Heizungskeller platziert werden, um Energieverluste bei der Wärmeleitung zu vermeiden.
- ▶ Die Wärmepumpe benötigt möglichst warme Luft. Insofern ist ein Platz südlich des Hauses besser geeignet als im nördlichen Schatten des Hauses. (Genau dort landet die Wärmepumpe oft aus ästhetischen Gründen. Der südseitige Garten soll frei von hässlicher Technik bleiben ...)
- ▶ Auf keinen Fall darf die Wärmepumpe in einer Senke oder Nische stehen, in der sich ein Kältesee bildet. Die Wärmepumpe saugt dann die kälter werdende Luft immer wieder neu an, es entsteht ein »thermischer Kurzschluss«.
- ▶ Aufgrund von Lärmschutzregeln müssen Mindestabstände zum Haus (Schallreflexion) und zu den Nachbarn eingehalten werden.
- ▶ Unter Umständen ist eine Einhausung in einem Nebengebäude oder Carport möglich, sofern die Luftzufuhr und -abfuhr nicht behindert werden.
- ▶ Vergessen Sie schließlich nicht den Kondensatabfluss!

2.5 Sole-Wasser-Wärmepumpe (Erdwärmepumpe)

Erdwärmepumpen beziehen die Umgebungswärme nicht aus der Luft, sondern aus dem Erdreich. Die offizielle Bezeichnung lautet Sole-Wasser-Wärmepumpe, weil durch die Sonde bzw. durch die Flächenkollektoren salzhaltiges Wasser gepumpt wird. Eine derartige Flüssigkeit mit einem Gefrierpunkt unter 0 °C wird »Sole« genannt. Über einen Wärmetauscher beim Verdampfer der Wärmepumpe gibt die Sole aus dem Erdreich bezogene Wärme an den Kältemittelkreislauf ab. Ein weiterer Wärmetauscher beim Kondensator gibt (exakt gleich wie bei einer Luft-Wasser-Wärmepumpe) die Wärme an das Heizungswasser ab (siehe Abbildung 2.3).

Im Unterschied zu einer Luftwärmepumpe benötigt eine Erdwärmepumpe keinen Ventilator. Stattdessen ist aber eine Pumpe erforderlich, um den Solekreislauf in Bewegung zu halten. Eine zweite Pumpe treibt – wie bei allen Heizungswärmepumpen – den Heizungskreislauf an.

Erdwärmepumpen haben den Vorteil, dass im Winter unter der Erde weitgehend konstante und viel höhere Temperaturen als in der Luft vorherrschen. Vor allem während kalter Winternächte läuft eine Erdwärmepumpe deswegen viel effizienter als eine

Kapitel 3

Integration in die Heizungsanlage

Im vorigen Kapitel habe ich Ihnen die Funktionsweise der Wärmepumpe erklärt. Am Ende dieses Kapitels wird die Frage stehen, welche Leistung die Wärmepumpe für Ihr Haus haben muss. Bevor Sie das ausrechnen bzw. abschätzen können, müssen Sie die Heizlast Ihres Hauses kennen: Wie viel kWh Wärme sind an einem sehr kalten Tag notwendig, um Ihr Haus warmzuhalten?

Dieser Wert hängt wiederum von vielen Faktoren ab: Wie ist Ihr Haus gedämmt? Wie wird es belüftet? Werden alle Räume bewohnt? Wie viel Warmwasser brauchen Sie, und wie wird dieses erwärmt? Wie ist die Wärmepumpe mit der restlichen Heizungsanlage verbunden?

Nachdem ich also im vorigen Kapitel die Wärmepumpe als singuläres Gerät behandelt habe, geht es in diesem Kapitel um das Gesamtsystem samt Heizkörpern oder Fußbodenheizung, den dorthin verlegten Leitungen (der »Hydraulik«) und einem eventuell dazwischen befindlichen Puffer.

Bei der Integration der Wärmepumpe in die Heizungsanlage gibt es erstaunlich viele Spielarten. Diese Aspekte stehen im Mittelpunkt des Kapitels. Bei den restlichen Themen, die weniger unmittelbar mit Wärmepumpen zu tun haben (also Dämmung, Lüftung etc.), werde ich mich dagegen kurzfassen und so vermeiden, dass aus diesem Wärmepumpenbuch ein sehr viel umfangreicheres Buch zu Haustechnik, Wohnbau und Sanierung wird.

3.1 Dämmung

Bei neu errichteten Häusern ist eine gute Dämmung selbstverständlich. Wenn Sie aber einen Altbau sanieren, sollten Sie sich vor allen anderen Überlegungen mit der Dämmung auseinandersetzen. Die Dämmung, der Zustand von Fenstern und Türen sowie das Dach entscheiden darüber, wie viel Wärmeenergie das Haus im Winter verliert und wie schnell es sich im Sommer aufwärmt. (Die Erwärmung des Hauses im Sommer ist bei Altbauten manchmal weniger dramatisch, weil das Mauerwerk oft sehr massiv ausgeführt ist und die Fensterflächen im Vergleich zur Außenfläche

kleiner sind als bei Neubauten. Die meisten Probleme machen diesbezüglich Dachausbauten.)

Ein Haus nachträglich abzudichten bzw. zu dämmen, ist nicht nur teuer, der Vorgang ist auch bauphysikalisch weniger trivial, als es auf den ersten Blick erscheint. Wenn Sie alte Fenster durch moderne, zwei- oder dreifach verglaste Fenster ersetzen und womöglich auch die Außentüren austauschen, ist Ihr Haus plötzlich luftdicht. Während bisher immer ein wenig Luft durch Fenster und Türen zog, ist dies jetzt nicht mehr der Fall.

Sie müssen Ihr Haus daher gezielt lüften, damit die Luftfeuchtigkeit nicht zu hoch wird und in kälteren Räumen des Hauses (z. B. im Schlafzimmer) an den Außenwänden kein Schimmel entsteht.

Was den Wärmeverlust betrifft, bringt selbst eine Dämmung mit relativ dünnen EPS-Platten (6 bis 8 cm) bereits eine massive Verbesserung und eine spürbare Kostenreduktion beim Heizen mit sich. Die Dämmung mindert auch die Schimmelgefahr, weil die Wände nun weniger kalt sind.

EPS-Platten sind die gebräuchlichste Form der Dämmung und kommen bei rund zwei Drittel aller Gebäude zum Einsatz. Die Platten sind praktisch, relativ einfach zu verarbeiten und vergleichsweise kostengünstig. Sie haben aber auch Nachteile: EPS ist ökologisch bedenklich, praktisch unverrottbar und brennbar. Die Dämmindustrie spricht zwar von Recyclingmöglichkeiten, tatsächlich wird der Großteil von EPS nach seinem Einsatz »thermisch verwertet« (also in Müllverbrennungsanlagen verbrannt).

Die gängigsten Alternativen zu EPS sind Steinwolle und Mineralschaumplatten. Beide Materialien sind nicht brennbar und diffusionsoffen. Allerdings sind diese Dämmstoffe teurer und dämmen etwas schlechter. Die gleiche Dämmleistung erfordert also eine dickere Dämmung. Die Verarbeitung bzw. Verlegung ist ebenfalls etwas aufwendiger. Schließlich können Sie auch mit organischen Materialien dämmen, z. B. mit Kork, Schafwolle, Zellulose oder Holzfasern.

Was bringt Dämmung?

Die zentrale Kennzahl zur Bemessung der Dämmung ist der Wärmedurchgangskoeffizient (der U-Wert): Er bemisst den Wärmestrom in Watt durch die Wand pro m^2 und pro Kelvin Temperaturdifferenz (Einheit $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

Eine ungedämmte, beidseitig verputzte Wand mit modernen, 25 cm dicken Ziegelsteinen hat ca. einen U-Wert von $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Bei einer Temperaturdifferenz von 25 Kelvin (Innentemperatur $20 \text{ }^\circ\text{C}$, Außentemperatur $-5 \text{ }^\circ\text{C}$) beträgt der Wärmefluss von innen nach außen rund 20 W pro m^2 Wandfläche. Wenn die Außenwand 250 m^2 groß ist, ergibt sich ein Wärmeverlust von 5 kW. Die Heizung muss also ständig 5 kW Wärmeleistung liefern, damit die Temperatur im Inneren des Hauses nicht sinkt. (Diese

extrem vereinfachte Rechnung berücksichtigt nicht, dass es im Haus außer der Heizung weitere Wärmequellen gibt, dass aber Wärme auch durch das Dach, den Keller, die Fenster und Türen sowie beim Lüften entweicht. Auch die Warmwassererwärmung und -nutzung fehlen.)

Wird die Ziegelwand nun mit 12 cm starken EPS-Platten gedämmt, sinkt der U-Wert auf ca. $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ – also auf ein Viertel. Entsprechend verliert unser Referenzhaus bei 25 Kelvin Temperaturdifferenz durch die Außenwände nun nur mehr ca. 1250 W Wärme. Eine entsprechend verminderte Heizleistung reicht aus, um das Haus warm-zuhalten.

Beim Dämmen bringen die ersten 6 bis 8 cm Dämmung den größten Nutzen. Natürlich wird der U-Wert immer kleiner (besser), je mehr Dämmung Sie verwenden; aber der relative Nutzen wird mit zunehmender Dämmstärke immer geringer.

Förderung und Mindestdämmung

Neubauten müssen Mindeststandards erfüllen, die in Deutschland im Gebäudeenergiegesetz festgeschrieben sind. Bei Fassadendämmung im Rahmen einer Gebäudesanierung können Sie um Förderungen ansuchen. Dabei dürfen Sie einen bestimmten U-Wert nicht überschreiten, z. B. $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ für die Außenwand.

Die richtige Reihenfolge

Der Sanierung eines Altbaus stehen oft finanzielle Grenzen entgegen. Also stellt sich die Frage: Wo anfangen? Zuerst die alte Ölheizung durch eine Wärmepumpe ersetzen und in fünf Jahren die Dämmung angehen? Oder lieber umgekehrt?

Nach Möglichkeit sollte die Dämmung des Hauses unbedingt am Anfang stehen. Zum einen sparen Sie damit unmittelbar Heizkosten, ganz egal, wie Sie aktuell heizen. Und zum anderen ist ein gedämmtes Haus viel eher Wärmepumpen-kompatibel als ein ungedämmtes. Wenn Sie mit dem Heizungsaustausch beginnen, müssen Sie die Wärmepumpe für den jetzigen Heizbedarf auslegen. Führen Sie dann ein paar Jahre später die Dämmung durch, ist die Wärmepumpe überdimensioniert.

3.2 Lüftungsanlage

Je luftdichter Fenster, Türen und Dach sind, desto wichtiger ist es, das Haus richtig zu lüften. Vordergründig lüften Sie, damit die Luft frisch ist und gut riecht. Bauphysikalisch müssen Sie aber auch lüften, damit die Luftfeuchtigkeit nicht zu hoch wird und keine Gefahr besteht, dass sich an weniger warmen Wänden oder Decken Schimmel bildet.

6.4 Beispiel 3: Luft-Wasser-Wärmepumpe in saniertem Bestandsgebäude

Ausgangspunkt für dieses Beispiel ist ein Reihenedhaus mit dem Baujahr 1984 (siehe Abbildung 6.12). Das Gebäude, das von den Eltern übernommen wurde, wird immer noch von der ursprünglichen Gasheizung beheizt. Auch die übrige Bausubstanz entspricht weitgehend dem Baujahr. Die anstehenden altersbedingten Sanierungen an der Fassade und dem Dach dienen der Familie als Anlass, eine umfassende energetische Sanierung durchzuführen. Dabei ist geplant, die Fassade zu dämmen, das Dach zu erneuern und zusätzlich zu dämmen.



Abbildung 6.12 Das Haus vor Beginn der Sanierung

Außerdem soll eine dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut werden, die an der sanierten Fassade durch die quadratischen Luftaus- und Luftzulüsse zu erkennen ist (siehe Abbildung 6.13). Die Heizungsanlage soll gleichzeitig von Gas auf eine Wärmepumpe umgestellt werden. An der Fußbodenheizung im Erdgeschoss und an den Heizkörpern in den restlichen Stockwerken wurde nichts verändert. Insgesamt finden alle Bauarbeiten an der Gebäudefassade und im Keller statt, sodass die Familie während der Umbauarbeiten im Haus wohnen bleiben konnte.

Für die Dämmung der Fassade und des Dachs werden Holzfaserdämmplatten verwendet. Neben einem geringeren CO₂-Fußabdruck im Vergleich zu erdölbasierten Dämmmaterialien (z. B. Styropor) bieten sie insbesondere im Dachgeschoss einen

verbesserten Schutz vor Überhitzung im Sommer sowie eine sehr gute Schalldämmung, was die Lärmbelastung durch die angrenzende, stark befahrene Straße erheblich reduziert. Darüber hinaus hat die optische Aufwertung des Gebäudes durch die Hinzufügung von Holzelementen an der Fassade stattgefunden.



Abbildung 6.13 Die quadratischen Luftauslässe und -zulüsse ermöglichen eine Wohnraum-
belüftung mit Wärmerückgewinnung.



Abbildung 6.14 Das sanierte Dach mit PV-Anlage

Die Überzeugung der vierköpfigen Familie, sich nachhaltig mit Energie versorgen zu wollen, spiegelt sich auch in den Photovoltaikanlagen auf dem Nord- und Süddach des Gebäudes (siehe Abbildung 6.14) und in der Nutzung eines Elektroautos wieder.

Bei allen getroffenen Entscheidungen spielte die Wirtschaftlichkeit natürlich eine wichtige Rolle. Hierbei war jedoch insbesondere die Bereitschaft vorhanden, hohe Investitionskosten für das ganzheitliche Energiekonzept zu akzeptieren. Es ist verständlich, dass diese Investitionsbereitschaft nicht immer gegeben ist, insbesondere wenn Kosten von 100.000 € und mehr im Spiel sind. Andererseits zeigt gerade der Blick auf die Lebenszykluskosten, dass über mehrere Jahre oder sogar Jahrzehnte hinweg eine ähnlich hohe Summe an Energiekosten anfallen kann, insbesondere wenn Gebäude nicht energetisch auf den aktuellen Stand gebracht werden.

	Eckdaten Reihenendhaus
Baujahr	1984
Wärmeschutzniveau	2017 saniert, ganzheitliche Wärmedämmung und Lüftungsanlage
Wohnfläche	145 m ²
Art der Nutzung	4-köpfige Familie
Besonderheiten	Elektroauto
Jahr des Heizungstausches	2017
Anlagenart	Luft-Wasser-Wärmepumpe
Wärmeverteilung	Fußbodenheizung und Heizkörper
Systemtemperaturen	50 °C Vorlauftemperatur
Ergänzende Maßnahmen	Dämmung von Fassade und Dach, Einbau Lüftungsanlage, Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher
Wärmeverbrauch vor Heizungstausch	27.000 kWh

Tabelle 6.6 Steckbrief

Effizienz und Wirtschaftlichkeit

Die Kosten für die Anlage liegen, bezogen auf das Jahr 2017, eher über dem Durchschnitt einer üblichen Wärmepumpeninstallation (siehe Tabelle 6.7). Dies ist teilweise mit dem hohen Aufwand für die Erneuerung des Stromzählerkastens zu erklären. Dieser Eingriff war notwendig, da neben der Wärmepumpe auch eine Wallbox für das E-Auto, eine Photovoltaikanlage, ein Batteriespeicher und die Lüftungsanlage an den Verteilerkasten angeschlossen werden mussten und der alte Verteilerkasten nicht genügend Anschlussmöglichkeiten hergab.

Material und Montage	Kosten
Zählerkasten und Elektroinstallation	4.500 €
Wärmepumpe	17.350 €
Montage	17.000 €
Gesamtkosten	38.850 €
Förderung (Stand 2023)	-13.600 €
Eigenanteil	25.250 €

Tabelle 6.7 Investitionskosten des Heizungssystems

Zur Bewertung der Anlageneffizienz stehen der Gesamtstrombedarf des Gebäudes in Höhe von etwa 12.000 kWh und eine Jahresarbeitszahl von 3,3 zur Verfügung, die aus der Steuerung der Wärmepumpe abgelesen werden kann. Es wird angenommen, dass etwa 3.500 kWh Strom für den Haushalt und weitere 3.000 kWh für das Laden des Elektroautos benötigt werden. Die verbleibenden 5.500 kWh entfallen auf die Nutzung der Wärmepumpe. In Kombination mit der Jahresarbeitszahl von 3,3 ergibt sich somit ein geschätzter Gesamtwärmebedarf für die Beheizung des Gebäudes und die Bereitstellung von Trinkwarmwasser von etwa 18.200 kWh.



Abbildung 6.15 Die Luftwärmepumpe wurde straßenseitig platziert.

Mit einer Jahresarbeitszahl von 3,3 weist die Wärmepumpe angesichts der eingestellten Systemtemperatur von 50 °C für die Heizkörper einen guten Wert auf. Dem Stromverbrauch von ca. 12.000 kWh für Heizung, Haushalt und E-Auto steht ein Stromertrag von ca. 5.300 kWh durch die PV-Anlage gegenüber. Mehr als 70 % davon kann direkt verbraucht werden, der Rest wird gegen eine kleine Vergütung in das öffentliche Netz eingespeist. Insgesamt ergeben sich damit erstaunlich niedrige Energiekosten von ca. 195 € pro Monat (siehe Tabelle 6.8). Ohne E-Auto würden diese sogar auf 120 € pro Monat sinken.

	Wärmebedarf und Betriebskosten
Wärmebedarf pro Jahr	ca. 18.200 kWh
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe	3,3
Stromverbrauch Heizung und Brauchwasser	ca. 5.500 kWh
Stromverbrauch Haushalt	ca. 3.500 kWh
Stromverbrauch E-Auto	ca. 3.000 kWh
PV-Ertrag Eigennutzung (72 %)	ca. 3.700 kWh
PV-Ertrag Einspeisung (28 %)	ca. 1.600 kWh
Gesamtenergiekosten	ca. 2.300 €/Jahr
Gesamtenergiekosten	ca. 195 €/Monat
Gesamtenergiekosten ohne E-Auto	ca. 120 €/Monat

Tabelle 6.8 Betriebsdaten

Lebenszykluskosten

Auch in diesem Beispiel erfolgt wieder ein Vergleich zu einer konventionellen Gasheizung. Es werden dabei alle Energiekosten des Haushalts kumuliert betrachtet, also der Haushaltsstrom, das Laden des E-Autos und der Betrieb der Wärmepumpe. Sowohl in der Variante Gasheizung als auch bei der Wärmepumpe werden die Kosten einer 6 kWp PV-Anlage inkl. 5 kWh Batteriespeicher in Höhe von 20.000 € angenommen.

Für die Wärmepumpe wird eine Förderung in Höhe von 35 % angenommen, was dem aktuell gültigen Förderprogramm des BAFA für eine Wärmepumpe mit Austauschbonus einer mehr als 20 Jahre alten Gasheizung entspricht. Die Mehrkosten der Wärmepumpe im Vergleich zur Gasheizung belaufen sich damit auf ca. 10.000 €. Bei den aktuellen Energiepreisen von 9 ct/kWh für Erdgas und 30 ct/kWh für Strom schneidet die Wärmepumpe ab dem 19. Betriebsjahr besser ab. Sollte der Gaspreis auf 12 ct/kWh steigen, wären die Mehrkosten bereits nach ca. 9 Jahren amortisiert (siehe Abbildung 6.16).

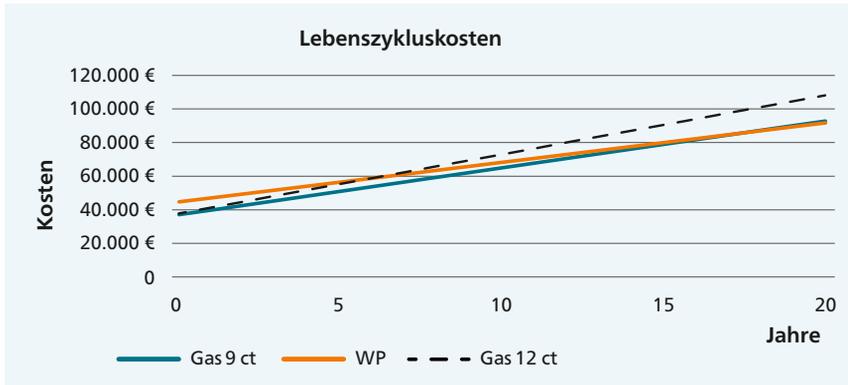


Abbildung 6.16 Lebenszykluskosten Wärmepumpe versus Gasheizung

Auch die laufenden Energiekosten der Wärmepumpe betragen mit 195 € pro Monat deutlich weniger als bei der Gasheizung mit 235 €. Gerade bei steigenden Energiekosten ist dies ein großer Vorteil, da eine prozentuale Preiserhöhung bei insgesamt niedrigen Kosten deutlich geringer spürbar ist als bei hohen Energiekosten.

PV-Eigenverbrauch versus Autarkie

Dank des vorhandenen Batteriespeichers und des Ladens des Elektroautos weist die PV-Anlage in diesem Beispiel eine überdurchschnittlich hohe Eigenverbrauchsquote von 72 % auf. Ohne Batteriespeicher und Elektroauto liegt dieser Wert normalerweise im Bereich von 20 bis 25 %. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass Eigenverbrauch nicht mit Autarkie gleichzusetzen ist. Obwohl 72 % des erzeugten Stroms selbst genutzt werden, reicht dies lediglich aus, um 33 % des Stromverbrauchs zu decken. Die Autarkie liegt also bei 33 %, was bedeutet, dass weiterhin zwei Drittel des benötigten Stroms aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen werden müssen.

Ein höherer Autarkiegrad ist bei einer typischen Kombination aus Wärmepumpenheizung und PV-Anlage leider kaum zu erzielen. Die Wärmepumpe benötigt offensichtlich gerade im Winter besonders viel Strom, die Photovoltaikanlage erzeugt aber dann wenig Strom. Besonders gut ist dies in den Monaten Januar, Februar und November und Dezember zu erkennen (siehe Abbildung 6.17).

Im Sommer erzeugt die PV-Anlage hingegen mehr Strom, als notwendig ist. (Wegen des Elektroautos ist der Überschuss etwas kleiner als in anderen Häusern.) Es gibt aktuell leider keine wirtschaftlich sinnvolle Möglichkeit, den Überschussstrom des Sommers bis zum Winter zu speichern. Batteriespeicher besitzen in der Regel Speicherkapazitäten, die den Stromverbrauch nur für einen oder wenige Tage decken können. Ist eine Wärmepumpe in Betrieb oder wird ein Elektroauto geladen, so reicht die Kapazität nur für wenige Stunden aus.

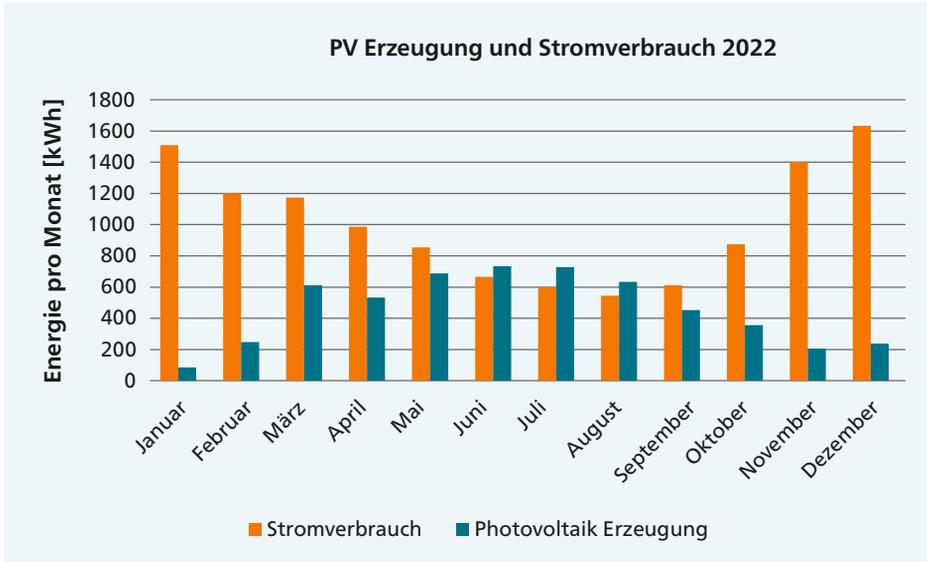


Abbildung 6.17 Stromverbrauch und PV-Ertrag nach Monaten

PV-Selbstversorgung

Wird ein Einfamilienhaus durch eine Wärmepumpe beheizt, können die Stromkosten durch die Installation einer Photovoltaikanlage reduziert werden. In der Regel wird die Anlage sogar erst dann zu anderen Heizungssystemen konkurrenzfähig, wenn der Strom aus einer Photovoltaikanlage genutzt werden kann. Durch die saisonale Schwankung bei der Erzeugung von Photovoltaikanlagen ist eine Abdeckung des Strombedarfs im Winter grundsätzlich begrenzt. Da Wärmepumpen (bzw. Heizungsanlagen im Allgemeinen) besonders in der kalten Jahreszeit betrieben werden, erschwert dies die Versorgung durch Photovoltaikstrom zusätzlich.

Als Richtgröße kann man davon ausgehen, dass in etwa 20 % des Strombedarfs für eine Wärmepumpe durch eine Photovoltaikanlage gedeckt werden kann. Dementsprechend müssen weiterhin 80 % des Stroms aus dem öffentlichen Stromnetz entnommen werden.

Batteriespeicher können hier nur bedingt Abhilfe schaffen. Sie können den Strombedarf einer Wärmepumpe nur für wenige Stunden abdecken. Hinzu kommt, dass im Winter häufig gar nicht genug PV-Strom erzeugt wird, um die Batterie aufzuladen. Sinnvoller ist es, wenn Sie die Wärmepumpe so einstellen, dass sie dann arbeitet, wenn die Photovoltaikanlage Strom erzeugt. Auf einfache Art und Weise kann dies durch feste Zeitsteuerungen geschehen. Für die meisten Wärmepumpen kann die Trinkwarmwassererwärmung abhängig von der Uhrzeit eingestellt werden.

Erfolgt die Aufwärmung des Trinkwasserspeichers bevorzugt zwischen 09:00 und 15:00 Uhr, so können Sie davon ausgehen, dass Sie den Photovoltaikstrom gut nutzen. Zusätzlich positiv wirkt sich dabei aus, dass tagsüber auch die Lufttemperatur höher ist und damit die Effizienz der Wärmepumpe zu diesen Zeiten höher ist.

Anlagenoptimierung

Der Wärmebedarf wurde durch die Dämmung des Gebäudes und den Einbau einer Lüftungsanlage bereits weitgehend reduziert. Auch eine Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher ist bereits vorhanden.

Einen Ansatz zur Optimierung bietet möglicherweise die eingestellte Vorlauftemperatur für die Heizkörper. Nach den umfangreichen Maßnahmen an der Gebäudehülle wäre eine noch etwas geringere Temperatur denkbar. Hier sollte ein systematisches Absenken der Systemtemperatur Erkenntnisse bringen, in welchen Räumen die gewünschte Temperatur dann nicht mehr erreicht wird. Dort kann der Austausch von Heizkörpern oder der Einsatz von Infrartheizungen für eine Verbesserung des Komforts sorgen.

In jedem Fall sollte auch geprüft werden, ob der hydraulische Abgleich korrekt durchgeführt wurde. Insbesondere in dem am schlechtesten beheizten Raum sollte die Temperatur des Heizkörpers mit denen der anderen Räume verglichen werden, um eine Unterversorgung auszuschließen.

Zusammenfassung

Auch in diesem Beispiel zeigt sich, dass eine Wärmepumpe über ihren Lebenszyklus hinweg ähnliche Kosten verursacht wie die weitverbreitete Gasheizung. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die möglichen Gaspreissteigerungen aufgrund der CO₂-Besteuerung nicht berücksichtigt wurden. Zudem verringert sich die Abhängigkeit von Energiezukaufen und damit von Preissteigerungen durch die teilweise Eigenversorgung der Wärmepumpe aus der Photovoltaikanlage.

6.5 Beispiel 4: Luft-Wasser-Wärmepumpe in saniertem Bestandsgebäude

In diesem Beispiel wird das Wohnhaus eines der beiden Autoren vorgestellt. Ähnlich wie im vorherigen Fall befand sich das Gebäude zum Zeitpunkt des Kaufs im Jahr 2017 noch weitgehend im Originalzustand aus dem Baujahr 1987. Im Erdgeschoss wurde, wie zur Bauzeit üblich, eine Fußbodenheizung installiert, während in den übrigen Räumen Heizkörper zur Beheizung verwendet werden. Die ursprüngliche Gasheizung