

Gas, Öl und eine vertane Energiewende

Spätestens seit Ausbruch des Russisch-Ukrainischen Kriegs, den Embargomaßnahmen des Westens gegenüber Russland mit den daraus folgenden Konsequenzen für eine derzeit noch extrem wichtige Energiequelle für Industrie und die privaten Haushalte sind wir gezwungen, uns nach alternativen Energiequellen für die Erzeugung von Wärme und zu großen Teilen auch von Strom umzusehen.

Die nahezu totale Abhängigkeit von russischem Gas und die verfehlte Energiewendepolitik, die seit 2001 propagiert, aber nicht umgesetzt wurde, haben uns in diese Situation voller Unsicherheit gebracht.

Parallel zum Gas-Problem sind zusätzlich Probleme bzw. ein enormer Lösungsaufwand bei der Stromversorgung abzusehen – auf die reine Elektroheizung auszuweichen könnte sich für das Energieversorgungssystem fatal auswirken – dazu kommen noch die wachsenden Belastungen durch die Elektromobilität.

Wie kann man als Privatperson, Hausbesitzer oder Vermieter die Initiative ergreifen und dieses Problem lösen? Durch moderne Technik und intelligentes Ausnutzen der Physik! Es ist wohl unbestritten, dass die nahe Zukunft für die Wärmeerzeugung, ob für Warmwasser oder Heizung, der Wärmepumpentechnik gehört. Bisher hat sich die Wärmepumpe vorwiegend einen Namen bei der Ausrüstung von energieeffizienten Neubauten und Kommunalbauten gemacht – inzwischen gibt es ganze Neubaugebiete, bei deren Anlage von vornherein eine Gasversorgung sowie eine Errichtung von Ölheizungen ausgeschlossen wird. Die Technik ist nicht neu, Hersteller wie Viessmann zum Beispiel installieren diese Lösung schon seit den 1970er-Jahren.

Angesichts der unsicheren Zukunft der Gasversorgung und des langfristig generellen Verzichtwillens auf fossile Energieträger rückt zunehmend auch der Bestandsbau in den Fokus. Schon jetzt ist nach den derzeitigen Planungen der Politik die Neuinstallation von Gasheizungen ab 2024 untersagt, bei Bestandsanlagen gelten je nach eingesetzter Technik unterschiedliche Regeln. Beim Bestandsbau stehen zunächst energetische Sanierungsmaßnahmen im Vordergrund, die zwar sehr wirksam greifen, aber nicht überall in voller Breite ausführbar und auch manchmal nicht finanzierbar sind. Zumal die Politik darüber hinaus ein negatives Zeichen setzt, indem (Stand Sommer 2022) die Förderung dieser Maßnahmen zurückgefahren wird.

Wir werden im Laufe dieses Beitrags sehen, dass dennoch die Wärmepumpentechnik zumindest zu großen Teilen auch hier Wirkung zeigt.

Kommen wir also zu unserem Kernthema, der Technologie der Wärmepumpen. Als Techniker sind uns Entwicklungen in diesem Bereich ohnehin näher, und wir sind ja per se diesen gegenüber aufgeschlossen und lösungsorientiert.

Die Technik

In einem großen Technikforum wurde unlängst von einem Nutzer die Frage gestellt, ob es sich bei der Wärmepumpe um eine Art Perpetuum mobile handelt, wenn mit ein paar Hundert Watt Elektroenergie einige Tausend Watt Wärmeenergie erzeugt werden. Ihm waren die Gesetze der Thermodynamik und der Umsetzung einer Energieebene in eine andere also nicht geläufig. Das geht vielen Menschen so, die sich noch nicht mit den Wirkungsmechanismen des Wärme-Kraft-Prozesses auseinandergesetzt haben.

Aber jeder kennt grob den Wirkungsmechanismus eines Kühlschranks – er zählt per Definition zu den Kältemaschinen. Die verbreitetste Konstruktion, die wir zu Hause nutzen, ist der Kompressorkühlschrank. **Bild 1** zeigt dessen Funktionsweise. In seinem geschlossenen Kreislauf befindet sich ein Kältemittel, das je nach Druckverhältnissen und Temperatur flüssig oder gasförmig ist. Diese Zustände kann man gut nachvollziehen, wenn man vereinfacht an eine Propangasflasche denkt: Im Druckbehälter ist das unter hohem Druck eingefüllte Gas flüssig. Öffnet man das Ventil, sinkt der Druck für das ausströmende Gas, und es wird gasförmig. Zusätzlich haben auch die Temperaturver-

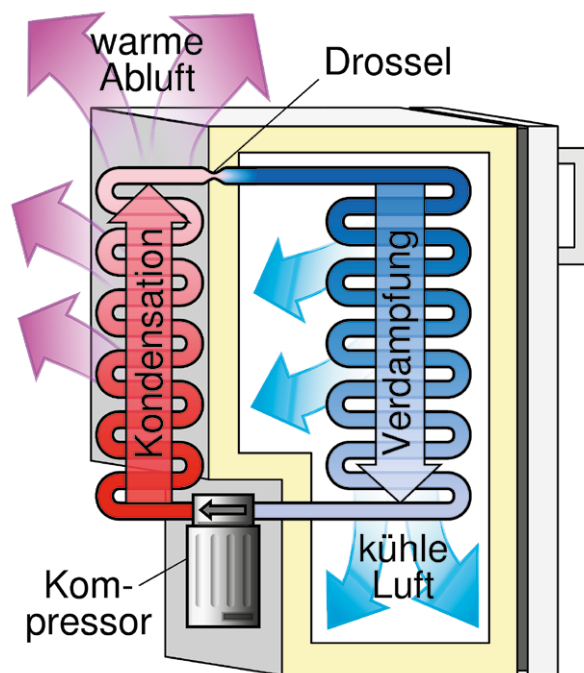


Bild 1: Die Arbeitsweise und die Bestandteile des Kompressorkühlschranks. Bild : Wikipedia, CCO 1.0

hältnisse in beiden Zuständen einen Einfluss auf die Zustandsänderung (Dampfdruckdiagramm).

Entnimmt man schnell viel Gas, sinkt der Druck in der Flasche schnell, die Flasche kühlt ab und vereist im Extremfall sogar. Bei niedrigen Temperaturen wird Propan wieder flüssig. Damit man hier weiter Gas entnehmen kann, muss man die Flasche wieder erwärmen, das heißt im Normalfall: ohne Gasentnahme in warmer Umgebung stehen lassen. Auf keinen Fall künstlich erwärmen oder in praller Sonne stehen lassen, denn dann steigt der Druck in der Flasche enorm an!

Zurück zum Kühlschrank. Gehen wir von der Situation direkt vor dem Kompressor aus. Das Kältemittel im geschlossenen Kreislauf ist an dieser Stelle zunächst gasförmig, kalt und hat einen geringen Druck. Der elektrische Kompressor verdichtet das Gas adiabatisch, das nun unter einem hohen Druck steht und heiß ist. Das kann man z. B. stark vereinfacht mit einer Fahrradluftpumpe vergleichen, die sich beim Pumpen, abgesehen von der Reibung des Kolbens, auch erwärmt: Die Luft wird durch das Verdichten erwärmt. Adiabatisch heißt, dass bei dem Umwandlungsprozess zunächst keine Wärmeabgabe erfolgt, sondern nur eine Zustandsänderung.

Nachdem das Gas den Kompressor passiert hat, strömt es heiß durch den Verflüssiger/Kondensator. Über diesen, als Rohrschlange mit großen Zusatzflächen ausgeführt, wird die Wärme an die Umgebung abgegeben, dabei tritt die Zustandsänderung ein, das Gas wird flüssig (es kondensiert). Danach gelangt das nun flüssige Gas an eine Drossel (Kapillarrohr/Expansionsventil), die den Druck wieder reduziert. Dadurch sinkt die Temperatur des Gases stark ab. Es gelangt in den Verdampfer, das sind die Kühlschlangen und -rippen im Inneren des Kühlschranks. Auf dieser Strecke entzieht es dem Kühlschrankinneren Wärmeenergie, und geht durch Verdampfung

wieder in den gasförmigen Zustand über (der Fachbegriff hierfür heißt Verdampfungsenthalpie). So gelangt es zum Kompressor zurück, und der Kreislauf beginnt von Neuem.

Der Kompressor selbst ist das einzige Teil, das elektrische Energie für den Antrieb benötigt, die restliche Energie in diesem Kreislauf stammt aus dem Austausch der Wärmeenergie zwischen innen und außen. Der Kompressor selbst benötigt, außer im Anlaufmoment, relativ wenig Strom. Er schaltet sich im Normalbetrieb auch nur ein, wenn die Temperaturregelung des Kühlgeräts ihn dazu veranlasst, etwa bei allmählichem Wärmeverlust oder Neubeschickung mit Kühlgut. Deshalb ist es auch wichtig, dass die warme Abluft hinter dem Gerät frei abfließen kann und nicht gestaut wird. Denn dann wird der Kondensator in seiner Funktion behindert und die Verflüssigung des Gases gehemmt. Die Folge ist eine Erwärmung des gesamten Kreislaufs und ein Dauerbetrieb des Kompressors mit hohem Stromverbrauch.

Ganz ähnlich funktioniert die allbekannte Klimaanlage, nur in anderen Dimensionen des Wärmetausches. Hier entnimmt der Verdampfer im Innengerät der im Ergebnis abgekühlten Raumluft die thermische (Wärme-)Energie, und die warme Abluft des Kondensators wird über den großen Ventilator im Außengerät, das auch den Kompressor beherbergt, abgegeben.

Einfach umkehren

Nach diesem ausführlichen Exkurs zum Verhalten von Gasen und der Wirkungsweise einer Kältemaschine ist die Erklärung zur Wärmepumpe ganz einfach – sie wirkt umgekehrt zur Kältemaschine. Bild 2 zeigt ihr Arbeitsprinzip. Wir sehen prinzipiell die gleichen Komponenten wie bei Kühlschrank oder Klimaanlage. Hier sehen wir, dass der Verdampfer der Umwelt Wärme entzieht, über welche Wege, das erfahren wir noch.

Der vom flüssigen Kühlmittel (hier wird u. a. auch das vorhin besprochene Propan als umweltfreundlichere Alternative zu den FCKW enthaltenden traditionellen Kältemitteln eingesetzt) durchflossene Verdampfer entzieht also der Umgebung zu einem Teil die dort immer vorhandene Wärme – auch bei Minustemperaturen, denn physikalisch gilt alles, was über dem absoluten Nullpunkt liegt, als Wärme. Das so erwärmte, wieder gasförmige Kühlmittel gelangt nun an den Kompressor, wird hier verdichtet und wie beschrieben stark erwärmt.

Im zweiten Wärmetauscher, der den Verflüssiger enthält, wird die so erzeugte Wärme nun in den Heiz- oder Warmwasserkreislauf übertragen. Das danach entsprechend kühlere und verflüssigte Kältemittel gelangt nun über das Expansionsventil wieder in den Verdampfer und kühlt dabei über dessen Wärmetauscher die Umgebungsluft bzw. alternative Wärmemedien ab. Bild 3 zeigt die Technik eines solchen Innengeräts.

Die so erzeugte, exakter: umgewandelte Wärme ist die Angabe, die als „Wärmeleistung“ für die Wärmepumpe genannt wird. Die Anlage „verschiebt“ also, vereinfacht gesagt, eine der Umwelt entnommene Wärmemenge in das Gebäude – diese wird auf ein höheres Niveau angehoben.

Effizient?

Damit kommen wir zur Effizienz dieser Art der Heizung. Fakt ist, sie braucht mehr Strom als z. B. eine Gas-Brennwertheizung, bei der z. B. eine Nenn-Stromaufnahme im Betrieb von meist unter 100 W anfällt. Dies kommt in der Hauptsache durch die Steuerung und die Umwälzpumpe(n) zustande – genau das fällt aber auch bei der Wärmepumpe quasi als „Nebenschauplatz“ an. Eine Gas-Brennwertheizung ist darüber hinaus insgesamt ein überaus effizientes System mit Nutzungsgraden bis zu 105 %. Nebenbei erwähnt – viele moderne Gas-Brennwertgeräte können schon heute eine Beimischung von bis zu 20 % Wasserstoff verarbeiten – eine Energie-Alternative, die eine große Zukunft hat, wenn es gelingt, große Mengen davon mit nicht-fossilen Energiearten ohne weitere Umweltbelastung und effizient herzustellen („Erneuerbare Energie“ ist ja eher ein politisches Schlagwort, jeder Naturwissenschaftler weiß, dass Energie nur wandel-, aber nicht erneuerbar ist). Aber diese Heizung braucht unter dem Strich eben das derzeit knappe Gas.

Zurück zur Wärmepumpe. Die Kombination aus Kompressor, Umwälzpumpen, evtl. Ventilatoren braucht deutlich mehr Elektroenergie

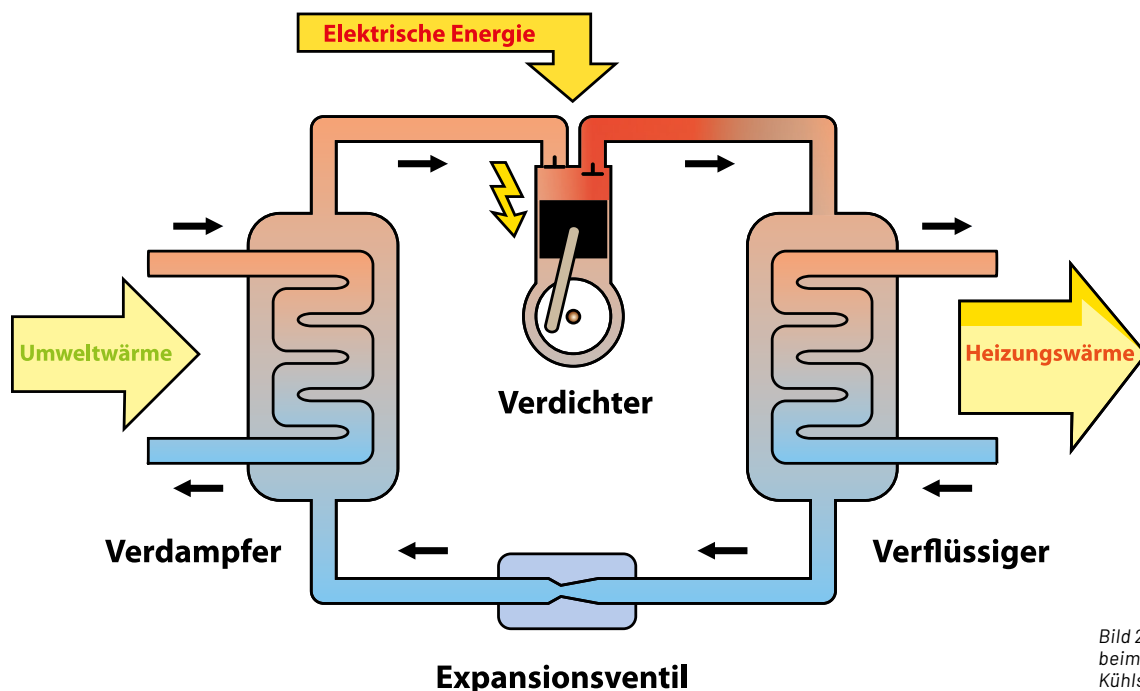


Bild 2: Die Wärmepumpe arbeitet beim Heizen nach dem umgekehrten Kühlschrankprinzip.

als die Gas-Brennwertheizung, nämlich mehrere Hundert Watt bis in den Kilowatt-Bereich hinein. Allerdings sorgen vielfach spezielle Stromtarife mit getrennten Zählern für moderate Stromkosten.

Wie beim Kühlschrank ist der Kompressor der größte Stromverbraucher, und er muss umso mehr Leistung bringen bzw. länger arbeiten, je größer das angestrebte Temperaturgefälle zwischen den beiden Energieebenen außen und innen ist. Das heißt in der Praxis z. B. für eine mit Außenluft arbeitende Wärmepumpe, dass mehr Leistung benötigt wird, wenn die Außentemperaturen fallen. Denn hier wird der angestrebte Temperaturunterschied zwischen innen und außen mit fallender Außentemperatur größer. Deshalb arbeitet die Wärmepumpe am effizientesten, wenn das Temperaturgefälle zwischen innen (sprich Heizungswasser, „Nutztemperatur“) und außen möglichst gering ist. Und genau deshalb arbeitet auch eine Wärmepumpenheizung mit einer Flächenheizung, die ja nur geringe Vorlauftemperaturen um die 30 °C benötigt, weit effektiver als etwa in einem mit Gliederheizkörpern bestückten Heizkreislauf mit erforderlichen 55 °C oder sogar höheren Temperaturen. Bild 4 zeigt die Übersicht einer mit einer Wärmepumpe arbeitenden kompletten Anlage inklusive Brauchwassererwärmung.

Damit kommen wir zur Definition der Effizienz, die sich hier vor allem im sogenannten (S)CoP – (Saisonal) Coefficient of Performance – ausdrückt. Dieser ergibt sich als Quotient aus abgegebener Wärmeleistung und der eingesetzten elektrischen Energie, der nach definierten Prüfbedingungen ermittelt wird. Das S in dieser Abkürzung weist auf die Effizienz bei verschiedenen Außen- bzw. Medien-Temperaturen hin, hierfür weisen die Hersteller ein Zertifikat nach EN 14511 aus.

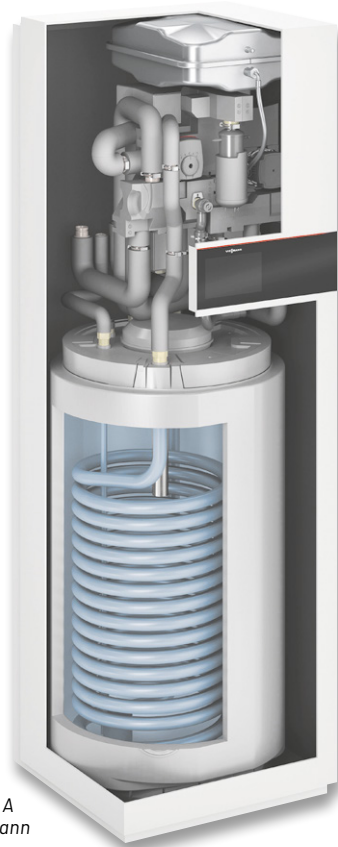


Bild 3: Typischen Aufbau eines Wärmepumpen-Innengeräts, hier Vitocal 252 A von Viessmann. Bild: Viessmann

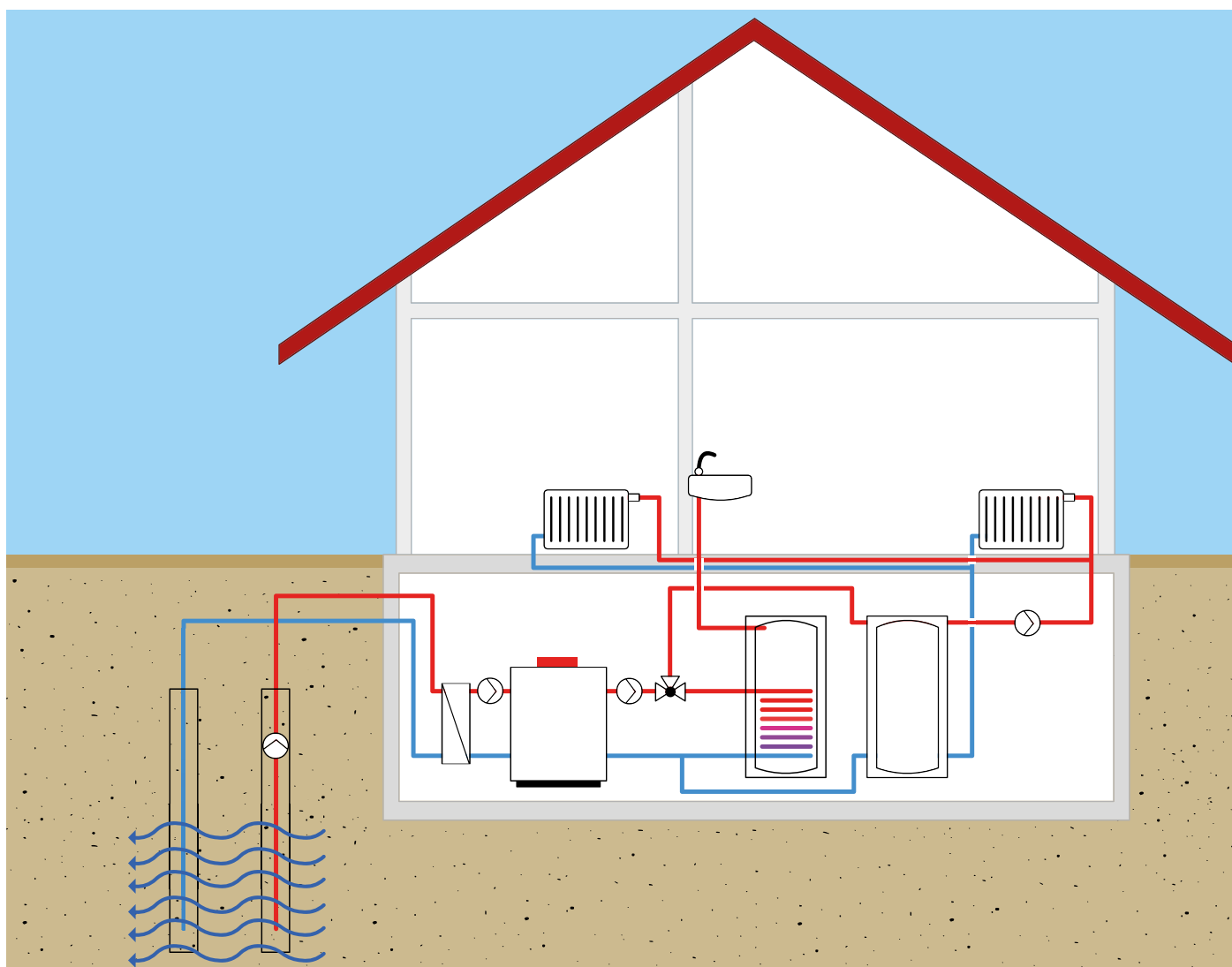


Bild 4: Übersicht einer kompletten Wärmepumpenanlage mit Heizung und Warmwasseraufbereitung

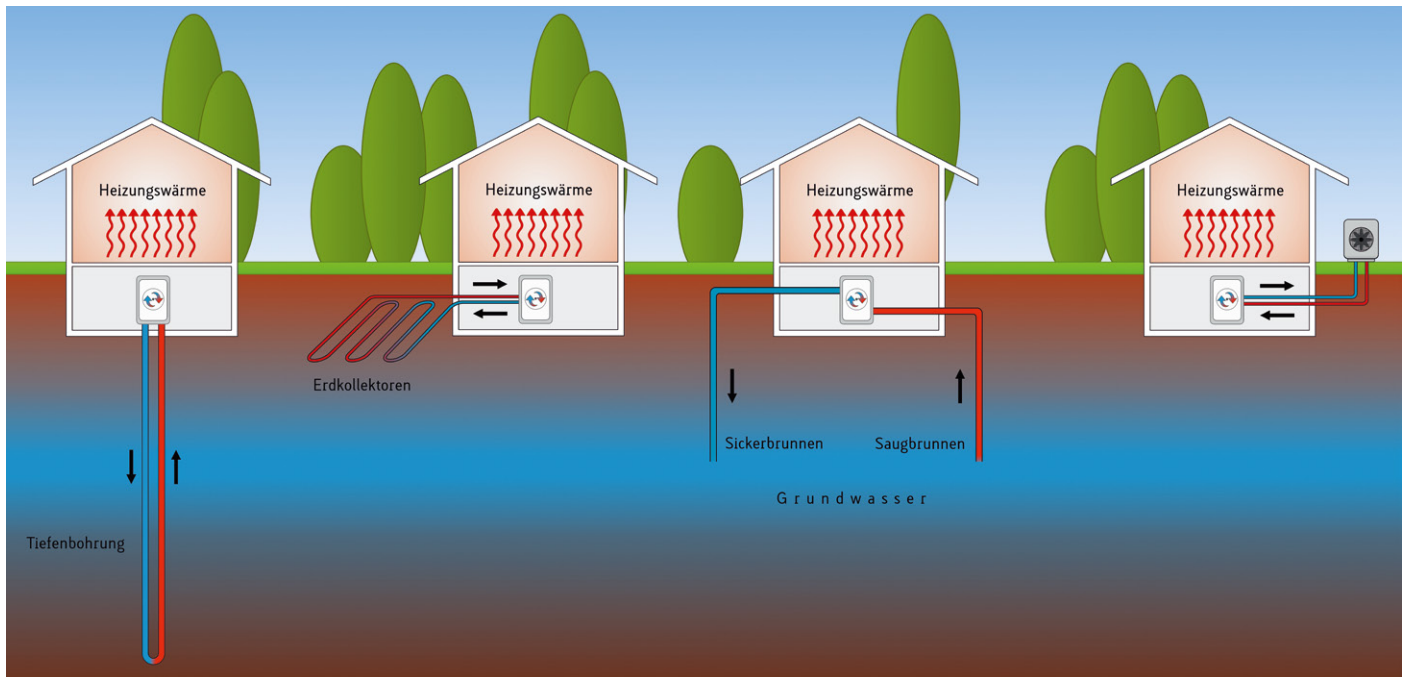


Bild 5: Die vier wichtigsten Wärmegewinnungsprinzipien für die Wärmepumpe: Tiefenbohrung, Erdkollektor, Grundwasser und Außenluft

Haben wir also eine Wärmepumpe, die bei einer Leistungsaufnahme von 1 kW eine Wärmeleistung von 5 kW abgibt, erwarten wir einen CoP von 5 und damit eine Heizung mit einer sehr hohen Leistungszahl und damit Effizienz. Zum Vergleich: Eine reine Elektroheizung hat einen CoP von 1, da hier allein die elektrische Energie zur Wärmeerzeugung herangezogen wird. Bei der Wärmepumpe entsteht die hohe Differenz dann eben aus der der Umwelt entzogenen Wärmeleistung. Also doch nicht das anfangs erwähnte Perpetuum mobile, sondern Thermodynamik. Bei all diesen Betrachtungen kommen noch

Verluste hinzu, etwa die beim Energietransport, bei Dämmverlusten der Installation usw.

In der Praxis darf man allerdings auch der CoP-Angabe nicht ganz unkritisch gegenüberstehen, denn das Ganze ist auch stark temperaturabhängig, hier spielt z. B., ohne dies zu weit auszuführen, der Carnot-Wirkungsgrad [1] anhand der Temperaturverhältnisse hinein. Manche Hersteller und insbesondere Installateure rechnen hier auch gern einmal, vor allem bei der Entscheidungsfindung im Bestandsbau, mit dem Idealfall - sie müssen die später anfallenden Stromkosten bei ungünstigeren Verhältnissen ja nicht bezahlen. Außerdem ist der Wirkungsgrad auch begrenzt, wenn man den Carnot-Kreisprozess betrachtet.

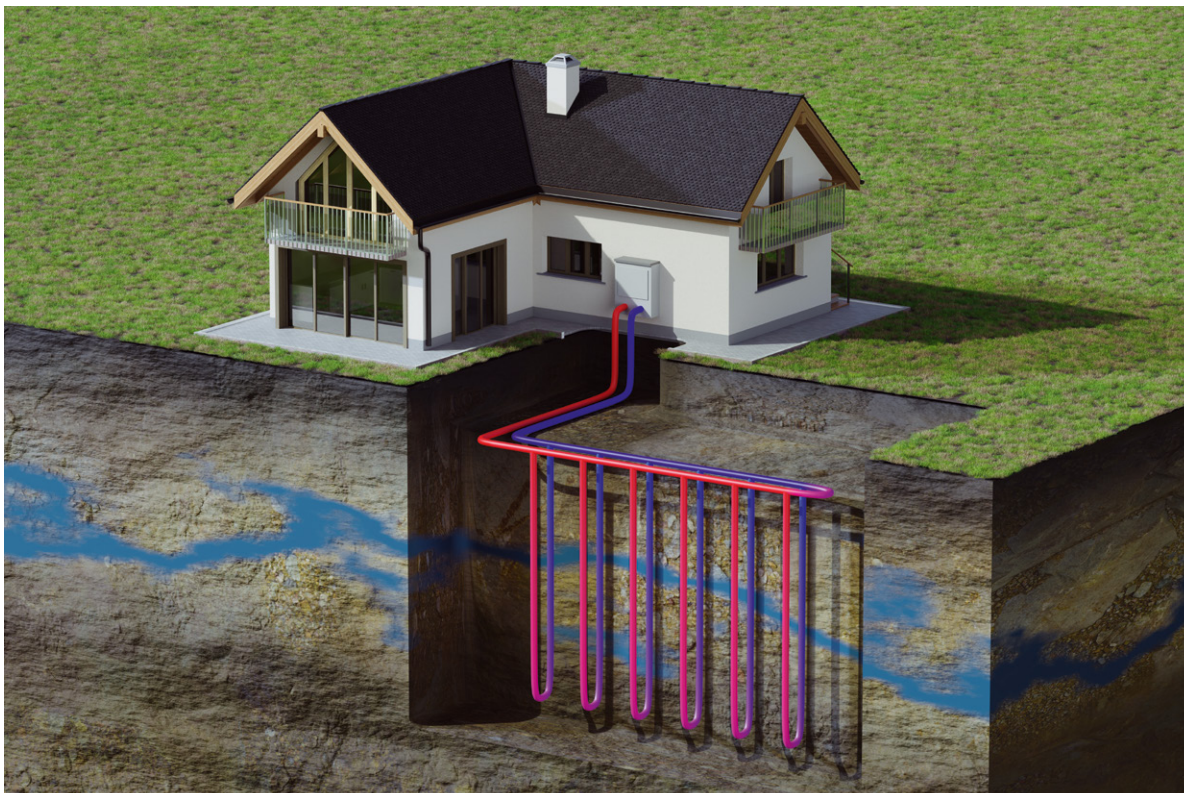


Bild 6: Die Tiefenbohrung nutzt die in größerer Tiefe vorkommende sehr konstante Temperatur im Erdreich.

Deshalb zieht man als zweites Kriterium den Gütegrad einer Wärmepumpe (η_{WP}) heran, der derzeit für gute Geräte bis etwa 0,55 reicht und in den technischen Daten der Hersteller anzugeben ist.

Woher kommt's?

Woher bezieht die Wärmepumpe nun die externe Wärmeenergie? Bisher haben wir umschreibend von „der Umwelt“ gesprochen. In Bild 5 sind die hauptsächlich eingesetzten Wärmequellen zusammenfassend gezeigt. Für die Bezeichnung der Anlagentypen gibt es unterschiedliche Begriffe, wir halten uns hier an die Definitionen der wichtigsten deutschen Hersteller wie z. B. Viessmann, Wolf oder Vaillant.

Betrachten wir die verschiedenen Hauptquellen Luft, Erde, Wasser einmal näher.

Wärme aus dem Erdreich

Es ist nichts Neues, dass unter unseren Füßen ein enormes und quasi unerschöpfliches Reservoir an Wärme schlummert – mit weitgehend konstanten (etwa 10 °C) und relativ hohen Temperaturen. Hier kann man zu zwei Lösungen der sogenannten Sole-Wasser-Wärmepumpe greifen. Die eine ist die **Tiefenbohrung**, bei der eine Erdsonde bis in Tiefen von 100 m eingebracht wird (Bild 6). Durch die Erdsonde pumpt die Wärmepumpe eine gut wärmetragende, frostsichere Flüssigkeit (Sole) im Kreislauf. Über den Wärmetauscher, der am Verdampfer des Geräts liegt, wird der Sole die Wärme entzogen und in den Prozess geführt. Da eine relativ hohe und konstante Temperatur des wärmeliefernden Mediums vorliegt, kann in Verbindung mit einer Flächenheizung ein sehr effizienter Betrieb erreicht werden, denn die Temperaturdifferenz, z. B. 10 °C zu 30 °C, ist recht gering. Außerdem ist die Temperatur in der Tiefe über das Jahr weitgehend gleich.

Auf der anderen Seite ist eine solche Tiefenbohrung nicht überall möglich. Geologische Gegebenheiten, gesetzliche Auflagen und Platzverhältnisse können hier u. a. Hindernisse sein. Bild 7 zeigt die Temperaturverhältnisse für verschiedene Tiefen.

Die zweite Variante, der **Erdkollector**, ist die Alternative zur Tiefenbohrung. Hier werden flächige Kollektoren der unterschiedlichen Arten als mäanderförmige, großflächige Rohrsysteme (Bild 8), wie man sie von Fußbodenheizungen kennt, als in Gräben verlegte Grabenkollektoren oder als korbformige, in einem größeren Loch versenkte Kollektoren eingesetzt. Sie werden unterhalb der örtlich gängigen Frost-

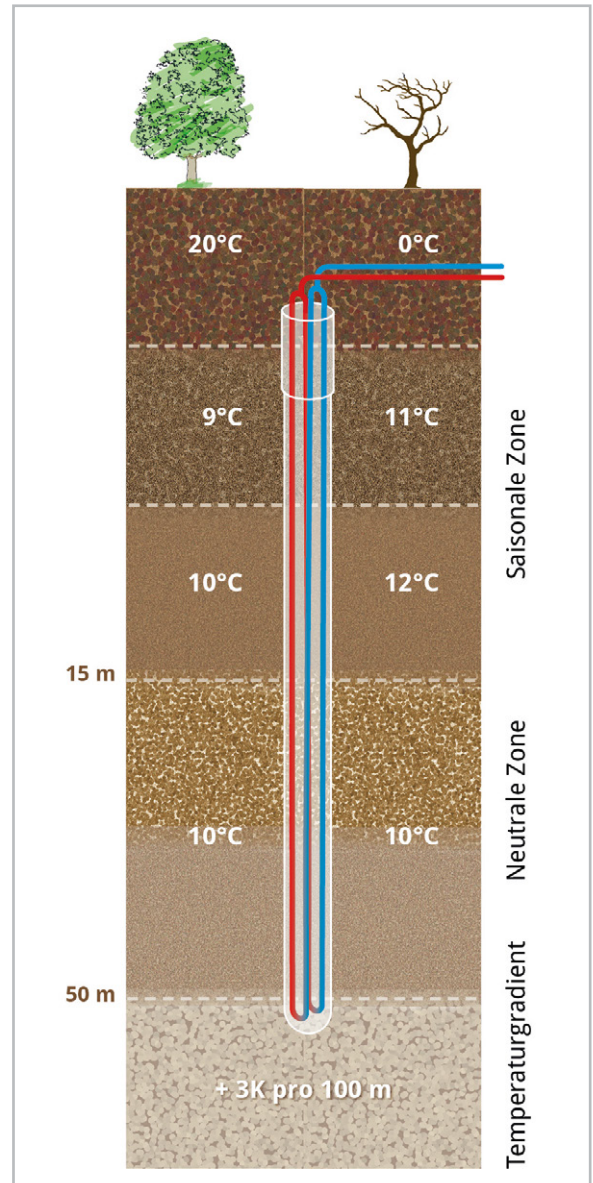


Bild 7: Die Temperaturen im Erdreich im Vergleich Sommer/Winter. Bild: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

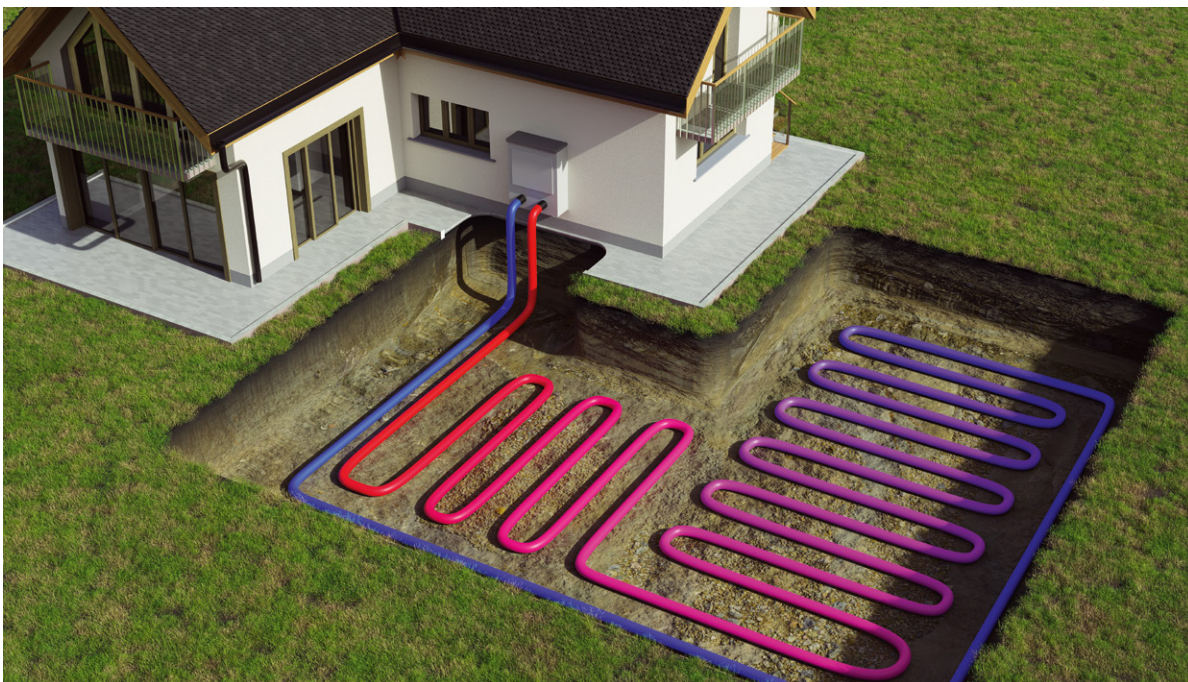


Bild 8: Der großflächige Erdkollector bezieht seine Wärmeenergie aus dem oberflächennahen Erdreich ab 1 m Tiefe.

grenze in Tiefen von 1 bis 10 m verlegt und arbeiten ebenfalls mit einer frostsicheren Sole als primäre Wärmeträger.

Natürlich eignet sich der Erdkollektor, vor allem bei genügend verfügbarer Fläche, sehr gut für den Neubau, bevor es an die Gestaltung des Außenbereichs geht. Aber auch im Bestandsbau, etwa bei der Umgestaltung des Gartens, bietet sich diese Kollektorart an, zumal man sie auch gut in Eigenleistung verlegen kann. Dabei sind Rahmenbedingungen wie Dimensionierung, Abstände und Auflagen zu beachten. Die Berechnung muss jedoch fachlich exakt erfolgen, da hier falsche Dimensionierungen zu Ertragsverlusten und Ähnlichem führen können.

Nicht direkt aus dem Erdreich, sondern aus der ebenfalls konstante Temperaturen um 10 °C führenden Grundwasserschicht bezieht die **Wasser-Wasser-Wärmepumpe** ihre Wärmemenge. Hier ist ein spezieller Brunnen die Voraussetzung, der bis in die lokale Grundwasserschicht reicht. Und wenn wir von Grundwasser reden, kommt der Trinkwasserschutz auf den Tisch – ohne Genehmigung geht hier nichts. Die sonstigen technischen Rahmenbedingungen gleichen den bisher besprochenen Lösungen, allerdings wird hier statt der Sole das Grundwasser durch den Primärkreislauf gepumpt und dem Wasser die Wärme entzogen.

Wärme aus der Luft

Die unaufwändigste und wohl verbreitetste Anlagenart der Wärmepumpe ist die **Luft-Wasser-Wärmepumpe**. Hier kann man die Gesamtanlage mit der bekannten Split-Klimaanlage vergleichen – über ein Außengerät wird die Luft aus der Umgebung zur Wärmeumwandlung herangezogen. Dies gelingt mit vertretbarer Effizienz bei Außentemperaturen bis zu -20 °C.

Dabei wird die Außenluft an den Verdampfer geführt – das schon beschriebene Kühltankprinzip, aber eben umgekehrt. Die im Prozess abgekühlte Luft wird wieder an die Umgebung abgegeben.

Der einfache Anlagenaufbau eignet sich sowohl für den Neubau als auch den Bestandsbau, einzig der Aufbauort kann bei sehr dichter Bebauung ein Prob-

lem herbeiführen – wegen der Geräuschentwicklung. An der arbeiten die Entwickler ständig, z. B. durch optimierte Strömungseigenschaften der Lüfter, oder durch externe Geräuschdämmung, etwa spezielle Lärmschutz-Dämpfergehäuse und -wände. **Bild 9** zeigt ein Beispiel für Schallemissionen von Luft-Wasser-Wärmepumpen und dazu ein Beispiel für ein schalldämmendes Schutzgehäuse.

Abluft-/Umluft-Wärmepumpe und die Solartechnik

Die Wärmepumpe „lebt“ von der Nutzung von Temperaturunterschieden. Warum also nicht auch die im Haus vorhandenen Temperaturdifferenzen nutzen? Vor allem Neubauten verfügen über zentrale und dezentrale Lüftungsanlagen, zumindest aber über definierte Frischluftzufuhr-Möglichkeiten. Ausgeklügelte Lüftungssysteme können direkt die erwärmte Abluft aus dem Gebäude nutzen und damit gleich die zuströmende Frischluft erwärmen.

Globaler wirkt hier eine **Um- oder Abluft-Wärmepumpe**, deren Arbeitsprinzip wir in **Bild 10** sehen. Sie saugt die warme Luft im Haus statt die Außenluft an. Die schließlich im Prozess abgekühlte Luft wird wieder ins Freie geblasen oder etwa in Räume geleitet, die absichtlich kühler sein sollen, z. B. Fitness- oder Vorratsraum. Bei der Umluftheizung wird der Luftkreislauf für die Heizung allein innerhalb des Gebäudes geführt, indem Temperaturgefälle z. B. zwischen Keller und Dachgeschoss genutzt werden.

Spätestens hier muss eine wichtige Unterstützung der Wärmepumpe genannt werden – die Solartechnik in Form der Solarthermie und der Photovoltaik.

Solarkollektoren können fast in allen Anlagen in die Wärmeerzeugung eingebunden werden. Sie sind, wie in der herkömmlichen Heizungstechnik auch, sowohl für die Heizungsunterstützung als auch die Warmwassererzeugung einsetzbar und können so das System ergänzen, ja zum Teil sogar in bestimmten Zeiten völlig entlasten, z. B. bei der Warmwasserbereitung im Sommer. Hier gibt es sogar Anlagenlösungen, die die Warmwasserbereitung zeitweise oder gänzlich unabhängig von der Heizungs-Wärmepumpe vornehmen. Die Erwärmung erfolgt nicht nur über Um- und Abluft sowie Außenluft, sondern hauptsächlich über einen auf den Bedarf der Bewohner zugeschnittenen Solarkollektor. Zusätzlich kann man hier Stromüberschüsse aus der Photovoltaik über elektrische Heizelemente im Warmwasserspeicher verwerten. Schließlich kann die PV-Anlage, solange sie oder ein vorhandener Speicher Strom liefern, die gesamte Stromversorgung der Heizungsanlage übernehmen.

Mit Um- oder Abluft arbeitende Geräte gibt es auch als reine Innengeräte, vorzugsweise für die vom Heizungssystem entkoppelte Warmwasserbereitung.

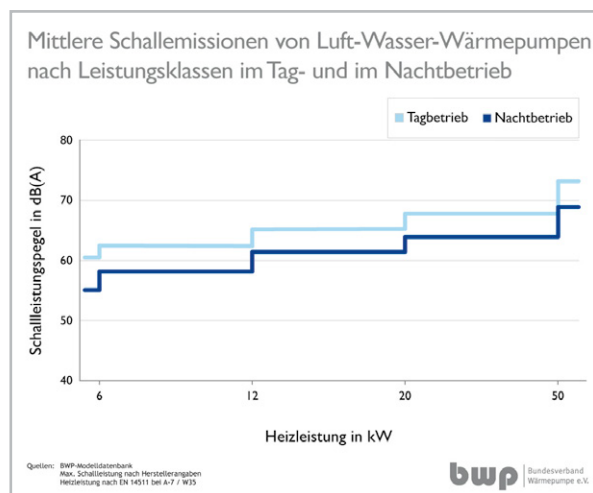


Bild 9: Je nach zu erbringender Heizleistung können die Schallemissionen von Luft-Wasser-Wärmepumpen in der nächsten Umgebung stören. Spezielle Lärmschutzgehäuse können Abhilfe schaffen. Bilder: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

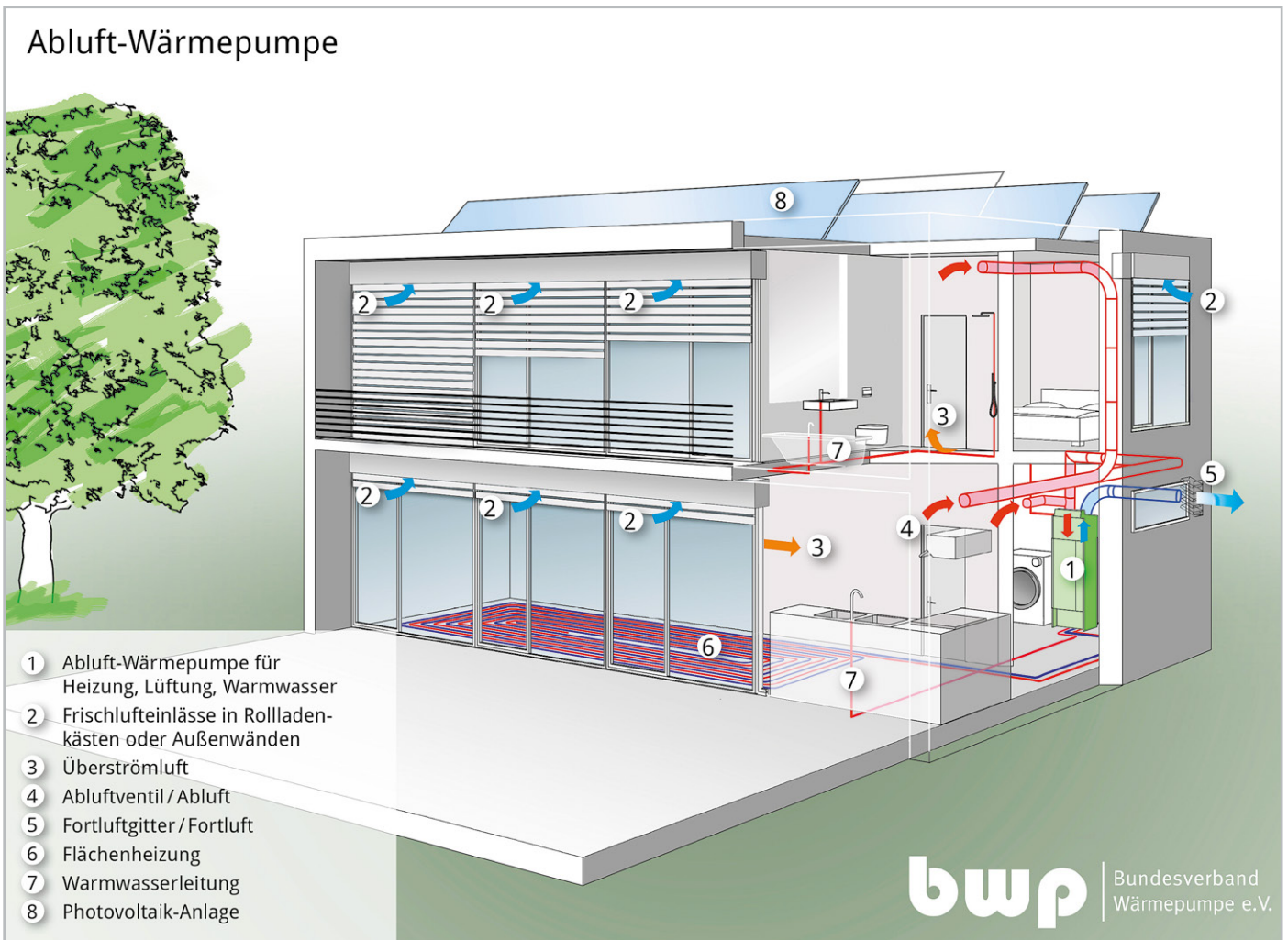


Bild 10: Die Um-/Abluft-Wärmepumpe nutzt die im Haus vorhandene Wärmeenergie zum Betrieb. Bild: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Heizen mit Eis

Klingt widersprüchlich, funktioniert aber und kann zudem auch zum Kühlen herangezogen werden. Basis der Wärmegewinnung ist hier eine unterirdische, mit Wasser gefüllte Zisterne (Bild 11), in der sich eine spiralförmige, mit Sole gefüllte Leitung (Entzugs-wärmetauscher) befindet. Diese entzieht zunächst dem Wasser in der Zisterne Wärme. Da die Zisterne nicht isoliert ist, nimmt sie auch wieder Wärme durch das umgebende Erdreich auf. Zusätzlich wird meist auch Wärme durch einen Solarkollektor in einem eigenen Kreislauf zugeführt (Regenerationswärmetauscher). Da beständig die abgekühlte Sole zurückgeführt wird, sinkt die Temperatur im Wasser, bis dieses sogar rings um den Rücklauf von innen nach außen gefriert. Durch die wieder zugeführte Wärme aus dem Erdreich und dem Solarkollektor taut das Wasser und es kann erneut Wärme entzogen werden. Dies ist ein ständiger Kreislauf - der Speicher wird immer wieder mit Erd- und Sonnenwärme neu beladen. Wenn die Wassertemperatur bei 0 °C liegt, und das Wasser anfängt zu vereisen (Phasenwechsel), wird eine hohe Wärmeenergie frei, die so genannte Kristallisationsenergie. Mit der Wärme, die das Wasser während dieses Gefriervorgangs abgibt, kann man Wasser in der gleichen Menge von 0 auf 80 °C erhitzen.

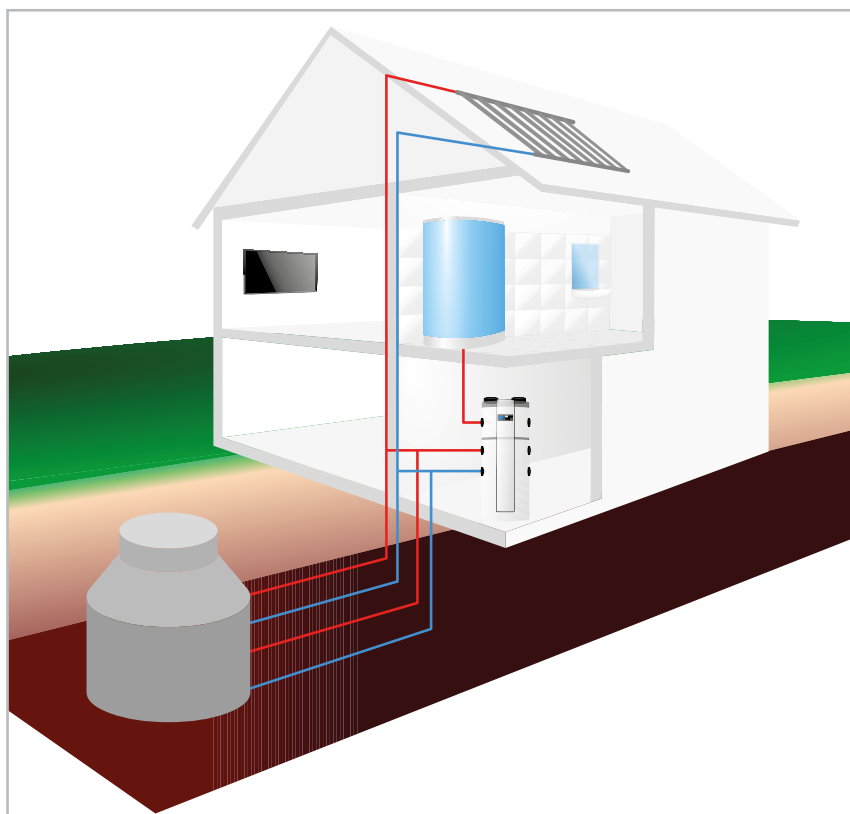


Bild 11: Der Aufbau einer Wärmepumpe mit Eisspeicher. Hier kann auch ein Solarkollektor mit eingebunden werden.

Kühlen mit der Wärmepumpe

Breibt man eine Wärmepumpe, braucht man im Sommer zur Gebäudekühlung eigentlich keine Klimaanlage, sondern kann, je nach Anlagenausführung, die Wärmepumpe auch zum Kühlen einsetzen. Hier wird einfach der Prozess im System umgekehrt, und die Anlage arbeitet eben wie der Kühlschrank. Dabei unterscheidet man das „active cooling“ vom „passive cooling“.

Beim „active cooling“ wird der Prozess, wie eben erwähnt, umgedreht. Der Verdampfer entzieht dem Gebäude die Wärme und gibt sie über den Verflüssiger draußen wieder ab – an die Luft, in die Tiefe oder in das Grundwasser. Hier arbeitet der Kompressor wie bei der Klimaanlage, und es wird über spezielle Ventile und ein zusätzliches Expansionsventil die Arbeitsrichtung umgekehrt. In einem zweiten Kreislauf erzeugt die kombinierte Wärmepumpe dabei wie im Heizbetrieb die Wärme für die Warmwasserbereitung.

„Passive cooling“ hingegen funktioniert einfacher – hier wird dem Gebäude die Wärme über den einfachen Kreislauf der Wärmepumpe entzogen, in die Erde, das Grundwasser oder den Eisspeicher gepumpt und dort abgegeben. Selbstverständlich fällt hier das Thema Luft-Wasser-Wärmepumpe aus.

Passiv nennt man den Vorgang, weil der Kompressor nicht arbeiten muss, sondern nur die Umwälzpumpe. Kompressor und Expansionsventil werden hier umgangen. Hier ist eine Flächenheizung wie die Fußboden-, Wand- oder Deckenheizung von Vorteil. Zudem speichert der Baukörper gut die kältere Wärmemenge. Bild 12 zeigt den Vergleich zwischen der Wärmeleitung im Heiz- und Kühlbetrieb.

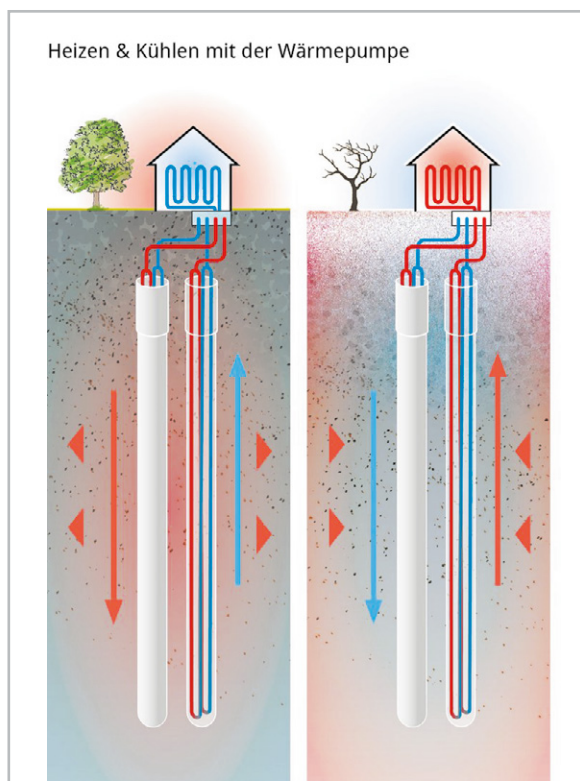


Bild 12: Die Temperaturflüsse am Beispiel einer Tiefenbohrung für Heizen und Kühlen. Bild: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Die Wärmepumpe im Bestandsbau

Angesichts der eingangs erwähnten Situation um Heizungen mit fossilen Brennstoffen gibt es natürlich auch die intensive Diskussion um die Wärmepumpentechnik im Bestandsbau. Hier gibt es andere Voraussetzungen als im seit etlichen Jahren immer besser energetisch perfektionierten Neubau (Passivhaus). Der Bestandsbau hat je nach Baujahr und Modernisierungsstand meist erhebliche Defizite in der Energieeffizienz, Stichworte Dämmung, Fenstermodernisierung, Be- und Entlüftung, Ausführung des Heizsystems (Konvektor-/Radiator-/Flächenheizung), Art der Heizung (Elektro, Kohle, Holz, Gas, Öl, Pellets). Daraus ergibt sich der Heizenergiebedarf, der in kWh/m² gemessen wird.

Tatsächlich sollten zunächst alle realisierbaren energetischen Sanierungsmaßnahmen wie Dämmung von Fassade, Geschoss- und Kellerdecken, Dach, Austausch von Fenstern und Eingangstüren, Beseitigung von Wärmebrücken usw. ausgeführt werden, bevor man an den Heizungsaustausch denkt. Denn ein energetisch gut vorbereitetes Haus ist die optimale Voraussetzung und vielfach auch die Bedingung für den ökonomischen Einsatz einer Wärmepumpe. Dazu kommt die Ausstattung der Heizung, also mit Heizkörpern und Flächenheizungen. Letztere sind ebenfalls eine gute Voraussetzung für den Einsatz einer Wärmepumpe, denn die hier erforderlichen Vorlauftemperaturen liegen weit niedriger (meist um 30 bis 35 °C) als die eines Heizkörpersystems, das meist Temperaturen jenseits der 50 °C erfordert, um ausreichend Wärme abgeben zu können. Hier und bei hohem Wärmebedarf durch Wärmeverluste muss die Wärmepumpe Schwerstarbeit leisten, ist doch ein deutlich höheres Temperaturlevel zu realisieren. Da kann die Wärmepumpe vor allem bei sehr niedrigen Außentemperaturen an ihre Grenzen geraten bzw. sie wird wegen des hohen Stromverbrauchs unökonomischer. Denn nicht immer kann man aus verschiedenen Gründen im Bestandsbau zur temperaturstabilen Tiefenbohrung, zum Brunnen oder zum Flächenkollektor greifen, und so bleibt oft nur die Luft-Wasser-Wärmepumpe. Diese Lösung muss nicht schlecht sein, kommt aber eben bei starkem Frost an ihre Grenzen, siehe SCoP.

Die wohl wichtigste Vorbereitung auf den Umstieg zur Wärmepumpe ist die fachlich exakte Beratung, im Idealfall von einem unabhängigen Energieberater. Eine zweite Meinung einzuholen ist sicher empfehlenswert, immerhin stehen hier hohe finanzielle Investitionen an.

Eine sehr gute Hilfe bei der Vorbereitung solch eines Projekts kann einmal die umfassende Bestandsbau-Studie des Fraunhofer-Instituts für solare Energiesysteme ISE [2] sein, aber auch auf den Webseiten der Heizsystemhersteller und des Bundesverbands Wärmepumpe e.V. [3] findet man umfassende Informationen, Projektberechnungen, Projektierungshilfen sowie Beratung.

Zwischen- und saisonale Lösungen

Es gibt viele Gründe, im Bestandsbau nicht gleich auf einen alleinigen Wärmepumpenbetrieb umzusteigen. Ist z. B. eine energetische Sanierung nicht oder nur zum Teil möglich, sind dazu vielleicht auch ausschließlich Heizkörper im Haus oder eine Mischung aus Heizkörpern und Flächenheizung (typischer Fall: nachträglicher Ausbau oder Anbau), so kann ein ausschließlicher Betrieb mit einer Wärmepumpe unökonomisch sein. Hier bieten sich zwei Lösungen an.

Hybridsystem – das Beste zweier Welten

Hersteller Viessmann schreibt dazu: „Ein Hybridsystem bietet größtmögliche Freiheit“ – und trifft genau den Punkt. Mit einer Hybridheizung aus Öl- oder Gasbrennwertheizung sowie Wärmepumpe (in Bild 13 ist das Innenleben einer solchen Hybridheizung zu sehen) hat man alle Freiheiten. Man kann sich auf Preise im Energiemarkt genauso einstellen wie auf saisonal oder baulich bedingte unterschiedliche Wärmeforderungen. So kann die Gasheizung eben im Winter bei tiefen Temperaturen effizient die hohen Vorlauftemperaturen einer Heizung mit



Heizkörpern sichern und dabei trotzdem ökonomisch arbeiten. Und in der Übergangszeit, bei hohen Gaspreisen und geringerem Wärmebedarf kommt die Wärmepumpe als Grundlastheizung zum Einsatz. So kann man Heizkosten sparen, die Wärme- und Warmwasserversorgung ist unter allen Umständen gesichert. Damit ist der Einsatz eines solchen Systems auch für den Neubau interessant, weil man flexibel zwischen Gas- und Stromkosten agieren kann und gleichzeitig bereits eine zukunftssichere Lösung im Haus hat.

Natürlich bietet sich auch hier eine Solarunterstützung durch Solarthermie und Photovoltaik an, die in beiden Systemen arbeiten kann.

Hybridgeräte gibt es nicht nur als komplette Lösung in einem Gerät, man kann mit speziellen Geräten auch eine bestehende Heizungsanlage ergänzen – eine für viele Besitzer im Bestandsbau ökonomisch interessante Lösung [4]. Bild 14 zeigt das Außengerät einer solchen Heizung sowie das Prinzip im Bestandsbau.

Die Split-Klimaanlage als Heizung

Was, wenn die Gas- oder Ölheizung im Haus noch recht neu ist? Oder man aus verschiedenen Gründen keine Wärmepumpenheizung einbauen kann?

Auch hier gibt es eine Lösung, die zumindest punktuell, für die Übergangszeit oder bei der Gewichtung zwischen Strom- und Gaskosten in Frage kommt – die zwischen Kühl- und Heizbetrieb umschaltbare Klimaanlage (Bild 15). Immerhin steht Strom ja durchaus auch im Winter per Photovoltaik zur Verfügung. Und im Sommer ist er hervorragend zum Kühlen nutzbar. Die Klimaanlage arbeitet technisch genauso wie eine umschaltbare Luft-Wasser-Wärmepumpe, nur dass die über den Verdampfer und den Ventilator generierte Kalt- oder Warmluft direkt in den Raum geblasen wird. Ein angenehmer Nebeneffekt ist hier die zusätzliche Luftentfeuchtung über das abzuleitende Kondenswasser.



Bild 14: Spezielle Hybrid-Wärmepumpen können auch bestehende Heizungsanlagen ergänzen. Bild: Viessmann



Bild 15: Moderne Split-Klimaanlagen lassen sich meist auch als Raumheizung einsetzen.

Die Split-Klimaanlagen sind in verschiedenen Bauarten verfügbar, einmal in der allseits bekannten Bauart, siehe [Bild 15](#), mit dem weit oben an der Wand angebrachten Innengerät, und einmal als Truhengerät, das man aufstellen, wandhängend montieren oder auch in Nischen statt eines Heizkörpers ([Bild 16](#)) zu sehen, installieren kann. Will man sie vorwiegend zum (Zu-)Heizen einsetzen, sind diese Geräte die bessere Wahl. Hier liegen die Ein- und Ausströmöffnungen weiter auseinander, und die Regelung des Geräts kann effektiver arbeiten, da Verfälschungen durch die wieder angesaugte Raumluft geringer ausfallen.

Ist das Heizen damit effizient? Bis zu einer bestimmten Mindest-Außentemperatur durchaus und vor allem, wenn über eine PV-Anlage genug Strom zur Verfügung steht. Das in [Bild 16](#) gezeigte Gerät hat z. B. einen CoP von nominal 4,07 (nach Norm EN14511), es gibt auch Anlagen, die einen Wert von bis knapp über 5 erreichen. Allerdings sinkt die Effizienz bei diesen Anlagen deutlich stärker und schneller als bei der eben anders dimensionierten Wärmepumpe – je nach Gerät und Preisklasse. Während die meisten Wärmepumpen noch bis auf -20°C herab effizient bzw. überhaupt arbeiten, ist bei den heizenden Klimaanlagen meist bei -15°C Schluss, und spätestens ab unter Null Grad sinkt die Heizleistung stark ab, der Verdichter bzw. die gesamte Anlage arbeitet (lautstark) mit höchster Leistungsaufnahme. Zwar bietet die Split-Klimaanlage eine hervorragende punktuelle und bedarfsgerecht zuschaltbare Kühl- und Heizungslösung, aber für sehr niedrige Temperaturen ist dann die Gas- oder Ölheizung als Back-up die meist ökonomischere Lösung.

Was ist in diesem Fall mit dem Warmwasser? Hier bietet sich die im Kapitel „Abluft-/Umluft-Wärmepumpe“ diskutierte Stand-alone-Wärmepumpe an, die von Ab- oder Umluft im Haus mit Wärmeenergie versorgt wird – man muss hier also kein zusätzliches Außengerät installieren.

Einbindung in die Haustechnik

Eine Wärmepumpe ist auch nur eine Heizungsanlage, und die ist in moderner Ausführung entweder ab Werk oder als Nachrüstlösung mit digitalen Schnittstellen, meist WLAN ausgestattet. Einmal für die Fernüberwachung und ggf. Fernwartung, und einmal

für die bequeme Fernsteuerung des Betreibers über eine App oder WebUi. Auch viele der diskutierten Klimaanlagen verfügen über eine solche Schnittstelle.

Bevor wir uns allerdings dieser Schnittstelle widmen, kommt die „banale“ Heizungssteuerung ins Spiel. Die wichtigste Maßnahme ist die Einzelraumregelung, sie kann Heizungskosten bis zu 30 % sparen und ist natürlich auch für die Wärmepumpe ein probates Mittel, durch bedarfsgerechte Einstellung weniger Stromkosten zu produzieren. Auch bei der Ausstattung mit gekoppelten Fensterkontakten bzw. Lüftungsüberwachung gelten die gleichen Vorteile und Anwendungsregeln wie bei der Gas-, Öl- oder Pelletheizung.

Eine recht leicht auch im Selbstbau-Bereich realisierbare Lüftungsmaßnahme kann statt Lüften über die Fenster eine dezentrale Belüftung über Rohrlüfter, besser noch mit der weiter vorn diskutierten Wärmerückgewinnung, sein. Diese Art der Belüftung lässt sich leicht mit einer Klimaüberwachung im Raum steuern, die durch eine Überwachung der Luftgüte (z. B. Messung des CO₂-Gehalts der Luft) ergänzt werden kann.

Alle Heizungen, auch die Wärmepumpen, verfügen zwar zur Anpassung über einen Außentempersensoren, aber diese Steuerung kann man noch erheblich perfektionieren, indem man eine direkte Ankopplung an die Haussteuerung vornimmt. So kann man etwa Heizzeiten und damit temporären Bedarf vorausschauend entsprechend der erwarteten Wetterlage, etwa am Morgen, anpassen lassen. Verfügt die Heizung über eine Schnittstelle, die externe Beeinflussung anbietet, kann man z. B. per IFTTT/MQTT und Wetterdienst-API detaillierter steuern. Betreibt man z. B. ioBroker als Middleware an der eigenen Smart-Home-Zentrale, wird man zahlreiche Software-Adapter nahezu aller Heizungs- und Klimaanlagenhersteller finden, über die sich via ioBroker die Anbindung realisieren lässt. Letztlich kann man dann sogar situativ per Sprachbefehl steuern oder eben bei der Rückreise aus dem Urlaub per Smartphone die Heizung vom Urlaubsmodus zeitgenau in den Normalmodus schalten. Auch die Ankopplung an die Photovoltaik lässt sich über die Haustechnik steuern, z. B. Überschuss-Heizung des Warmwassers, wenn der Hausakku bei Nulleinspeisung voll geladen ist.



Bild 16: Gute Wahl, wenn es um das Heizen per Split-Klimaanlage geht – ein universell installierbares Truhengerät, hier in einer Fensternische. Bild: Panasonic.

Interessant ist auch die Steuerung der besprochenen Klimageräte. Entweder lassen sie sich direkt per WLAN z. B. über einen Software-Adapter an iOBroker und damit z. B. an das Homematic IP System ankoppeln oder man schaltet einen WLAN-IR-Adapter dazwischen, der dann einfach die IR-Fernbedienung des Klimageräts ersetzt. Die dort zugehörige App fungiert dann vorwiegend als Raumthermostat, an dem sich Betriebsarten und Solltemperaturen ebenso einstellen lassen wie Kühl-/Heizzeiten.

Manche dieser Systeme lassen auch die Kopplung mit externen Sensoren wie abgesetzten Raumklimasensoren oder Bewegungs-/Präsenzmeldern zu. Warum soll die Klimaanlage auch weiter kühlen und

unnötig Strom verbrauchen, wenn niemand im Raum ist? Auch eine Geofencing-Funktion lässt sich realisieren, wenn man keinen profanen Hauptschalter für „Verlassen/Kommen“ installieren will. Verlässt man das Haus, wird die Klimatisierung abgeschaltet bzw. die Heizung abgesenkt, kehrt man zurück, erlaubt selektives Geofencing das rechtzeitige Aktivieren.

Die hier beschriebenen Einbindungen können freilich nur ein kleiner Querschnitt sein, der Kreativität des jeweiligen Anwenders in seinem individuellen Smart-Home-System sind ja bekanntlich keine Grenzen gesetzt. Das Ziel ist immer das gleiche: Heizung und Klimatisierung energie- und kostensparend betreiben. **ELV**

i Weitere Infos

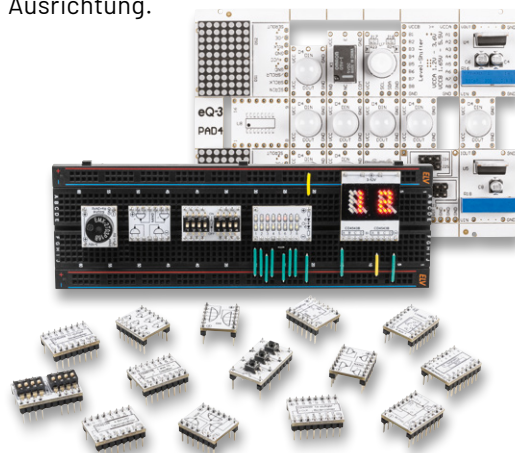
- [1] Carnot-Prozess: <https://de.m.wikipedia.org/wiki/Carnot-Prozess>
- [2] Fraunhofer ISE, Bestandsbaustudie:
https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf
- [3] Bundesverband Wärmepumpe e.V.: <https://www.waermepumpe.de>
- [4] Viessmann-Hybridheizungen:
<https://www.viessmann.de/de/wissen/technik-und-systeme/gas-hybridheizung.html>

Alle Links finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournals-links

EXPERIMENTIEREN für Profis



Prototypenadapter (PAD) sind ein praktisches Hilfsmittel zum professionellen Experimentieren auf dem Breadboard. Denn viele elektronische und mechanische Bauteile sind nicht Breadboard-kompatibel – die Anschlussdrähte sind zu dünn, zu kurz, zu lang, zu flexibel, nicht im Rastermaß oder haben die falsche Ausrichtung.



Prototypenadapter lösen dieses Problem. Auf ihnen sind die Bauteile jeweils auf einer kleinen Platine untergebracht, die wiederum über Stiftleisten verfügt, die in die Buchsenleisten der Steckboards passen.

Die aufgedruckte Anschlussbelegung der Bauteile ist ein zusätzliches Plus bei den Prototypenadaptern. Um kompliziertere Bauteile nutzen zu können, ist in der Regel ein Anschlussschema erforderlich, z. B. aus einem Datenblatt mit entsprechendem Schaltbild. Bei der Verwendung eines Prototypenadapters ist die Pinbelegung hingegen auf der Platinenoberfläche aufgedruckt. Das erleichtert das Arbeiten sowohl mit komplexen als auch einfachen Bauteilen.

Lesen Sie mehr über unsere Prototypenadapter und das Zubehör zum professionellen Experimentieren unter

de.elv.com/experimentieren-fuer-profis

oder scannen Sie den nebenstehenden QR-Code.

