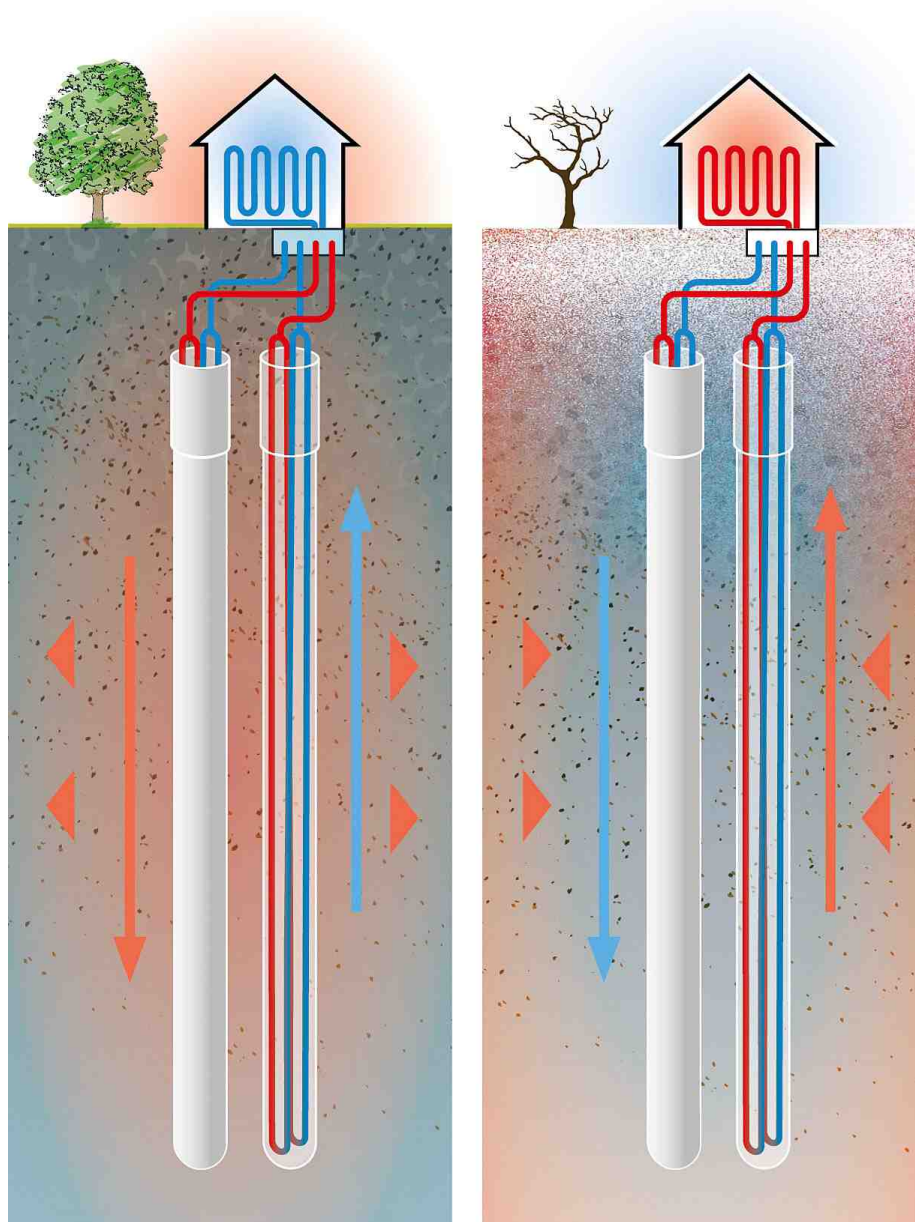


Kühlen mit Wärmepumpen

In Neubauten oder energetisch sanierten Gebäuden können Wärmepumpen heizen und kühlen

In modernen, gut gedämmten Wohngebäuden kann es vor allem bei mangelndem Sonnenschutz leicht zur Überhitzung kommen, was den sommerlichen Wärmeschutz besonders in den Fokus rückt. Hinzu kommen klimabedingt immer wärmere Sommer sowie das gestiegene Komfortbedürfnis des Menschen, der heute in vielen Bereichen Kühlung gewohnt ist und darauf gerade in den eigenen vier Wänden nicht verzichten möchte. Eine einfache Lösung kann die Wärmepumpe sein: Sie ist bereits seit Jahren der beliebteste Wärmeerzeuger im Neubau und kann dazu nicht nur heizen, sondern auch kühlen.



Über Erdsonden kann nicht nur die Wärme des Erdreichs zum Heizen benutzt, sondern im Sommer auch überschüssige Wärme vom Gebäude ins Erdreich geleitet werden. In den Räumen wird dann z.B. die Fußbodenheizung zum Kühlen genutzt.

Bild: BWP

Ob sich Menschen in ihrer Umgebung behaglich fühlen, hängt von etlichen Einflussfaktoren ab. Durch Heizung und Klimatisierung kann die thermische Behaglichkeit beeinflusst werden. Dabei machen sich vor allem folgende Größen bemerkbar: Raumlufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftgeschwindigkeit und Turbulenzgrad, die Oberflächentemperaturen der umgebenden Wände sowie Aktivitätsgrad und Bekleidung der Personen. Für behagliche Temperaturen im Sommer wird die Raumluft gekühlt und ggf. entfeuchtet. Hierbei sollten Temperaturunterschiede zwischen Außen- und Raumlufttemperatur von mehr als 5 K möglichst vermieden werden.

Eine günstige Lösung für Beheizung und Kühlung von Wohngebäuden kann eine Wärmepumpe sein. Sie bringt bei Bedarf Umweltwärme aus Erde, Grundwasser oder Luft auf ein Temperaturniveau, das zum Heizen geeignet ist oder kann auch überschüssige Raumwärme aus dem Gebäude abführen. Damit ist die Wärmepumpe das einzige Heizgerät, mit dem auch gekühlt werden kann.

Grundsätzlich werden zwei unterschiedliche Methoden der Kühlung mit Wärmepumpen unterschieden: Die aktive Kühlung, bei der der Verdichter der Wärmepumpe in Betrieb ist, und die passive Kühlung, bei der die Wärmequelle direkt genutzt wird, um Raumwärme abzuführen. Bei Letzterer können nur Wärmequellen mit einer niedrigen Temperatur – also Erde und Grundwasser – genutzt werden. Im Fall der aktiven Kühlung muss der Kältekreis der Wärmepumpe umkehrbar sein. Möglich ist das mit sämtlichen Wärmequellen.

PASSIVE KÜHLUNG

Das Erdreich hat in Tiefen von mehr als

acht Meter ganzjährig eine Temperatur von etwa 9 bis 10 °C. Damit ist es nicht nur während der Heizperiode eine hervorragende Wärmequelle, sondern auch im Sommer eine ausgezeichnete „Kältequelle“. Ähnlich verhält es sich mit den auch im Sommer deutlich unter Raumtemperatur liegenden Grundwassertemperaturen. Mit diesen Wärmequellen lassen sich in der heißen Jahreszeit Gebäude auf einfache Art direkt kühlen.

Notwendig ist dafür ein zusätzlicher Plattenwärmeübertrager. Über diesen wird die Wärme, die den Räumen über die Heiz- bzw. Kühlflächen entzogen wurde, auf den Quellenkreislauf übertragen und anschließend über die Erdwärmesonde oder den Schluckbrunnen an Erdreich bzw. Grundwasser abgegeben. Mit Soletemperaturen von 15 °C lassen sich Kaltwassertemperaturen von etwa 17 °C erreichen. Aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen bei der Kühlung sind größere Massenströme nötig als bei der Heizung. Da der Verdichter der Wärmepumpe nicht in Betrieb ist, wird von passiver oder direkter Kühlung oder „natural cooling“ gesprochen. Die passive Kühlung ist sehr preiswert und umweltfreundlich, im Kühlbetrieb muss nur der Strombedarf für die Sole- und die Umwälzpumpe aufgewendet werden.

Notwendig ist neben dem zusätzlichen Plattenwärmeübertrager noch ein solesseitiges Umschaltventil. Bei Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdsonden ist die passive Kühlung meist ausreichend, um die Raumtemperaturen auf behaglichere Werte zu senken. Andernfalls besteht die Möglichkeit der energieintensiveren aktiven Kühlung. Möglicherweise – vor allem in privat genutzten Wohngebäuden – genügt aber auch eine so genannte „Ankühlung“, also eine Kühlung, die unter bestimmten Randbedingungen nicht die gesamte erforderliche Kühlleistung zur Verfügung stellt.

Bei passiver Kühlung mit Erdsonden erfolgt durch den sommerlichen Kühlbetrieb eine schnellere Regeneration des Erdreichs rund um die Erdsonden. Bei einer knappen Dimensionierung der Sonden kann damit der langfristigen Auskühlung des Erdreichs vorgebeugt werden. Je nach Bohrtiefe und weiteren Randbedingungen hat sich das Erdreich nach der sommerlichen Kühlung derart aufgewärmt, dass die Wärmepumpe bei der nächsten Heizperiode effizienter arbeitet, zudem wird die

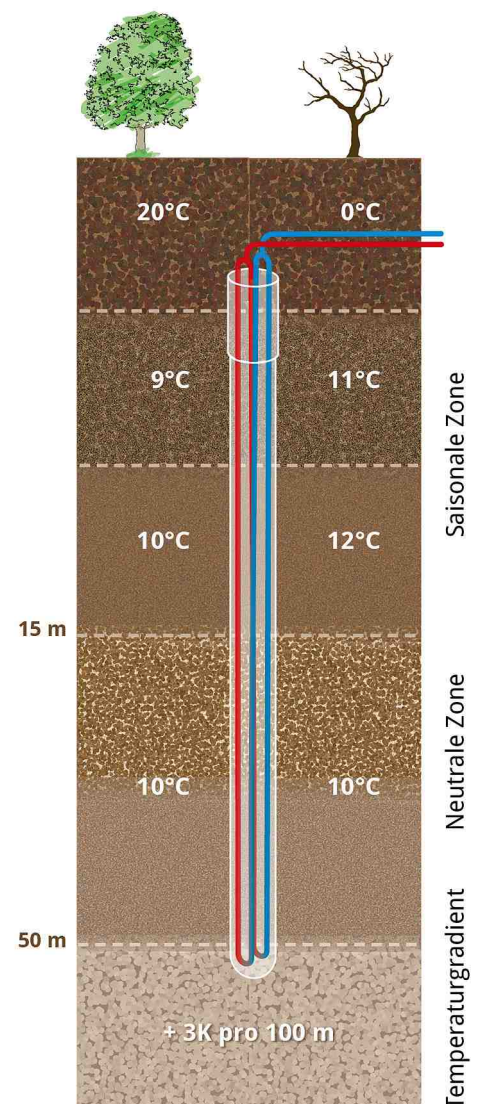
Auskühlung des Erdreichs um die Sonden vermindert.

Mit Grundwasser ist eine gleichmäßigere Kühlung als mit Erdsonden möglich, da dieses ständig erneuert wird. Allerdings müssen auch hier Auflagen der zuständigen Ämter erfüllt werden. Im Regelfall darf sich das Grundwasser nicht über eine bestimmte Temperatur erwärmen bzw. darf eine bestimmte Entnahmemenge nicht überschritten werden. Alternativ kann auch Wasser aus Flüssen und Seen zum Kühlen verwendet werden. Hier sind ebenfalls die Auflagen der Behörden zu erfüllen. Im Regelfall werden nur bestimmte Temperaturerhöhungen und Entnahmemengen zugelassen. Wird die Wärmepumpe für die Heizung mit einem Eisspeicher versorgt, kann dieser durch die sommerliche Kühlung zusätzlich zur üblicherweise eingesetzten Solarthermie weiter regeneriert bzw. erwärmt werden. Eine Kühlung mit Erdkollektoren ist in den meisten Fällen nur bedingt möglich, da sich das Erdreich um die Erdkollektoren relativ schnell erwärmt. Die Kälteleistungsleistung ist auch stark abhängig von den anfallenden Niederschlagsmengen. Durch Regen kann sich das Erdreich schneller regenerieren. Oft dringt aber Regenwasser im Sommer gar nicht bis in die Tiefen der Erdkollektoren vor. Sollten die Erdkollektoren nahe am oder im Grundwasser liegen, kann auch eine Kühlung über Erdkollektoren sinnvoll und wirtschaftlich sein.

AKTIVE KÜHLUNG

Luft-Wasser-Wärmepumpen nutzen die Außenluft als Wärmequelle. Da die Außenlufttemperatur im Sommer über der erforderlichen Kühltemperatur liegt, ist nur die aktive Kühlung über den umkehrbaren Kältekreislauf möglich. Es gibt ebenfalls Sole/Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen, mit denen aktiv gekühlt werden kann. Im Kühlfall wird der Kältekreislauf der Wärmepumpe so umgekehrt, dass Wärmequelle und Wärmesenke getauscht werden.

Die Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlbetrieb kann außerhalb der Wärmepumpe erfolgen oder über ein 4-Wege-Umschaltventil im Kältekreislauf. Letzteres ist bei Luft-Wasser-Wärmepumpen üblich und wird oft auch zur Abtauung im Heizbetrieb eingesetzt. Der Verdichter arbeitet unverändert, das Ventil dreht die Fluss-



Das Erdreich hat bereits in relativ geringen Tiefen ganzjährig Temperaturen, die kaum einem Einfluss der Oberfläche ausgesetzt sind. Temperaturen von etwa 10 °C eignen sich hervorragend zur Beheizung mit der Wärmepumpe oder zur passiven Kühlung.

Bild: BWP

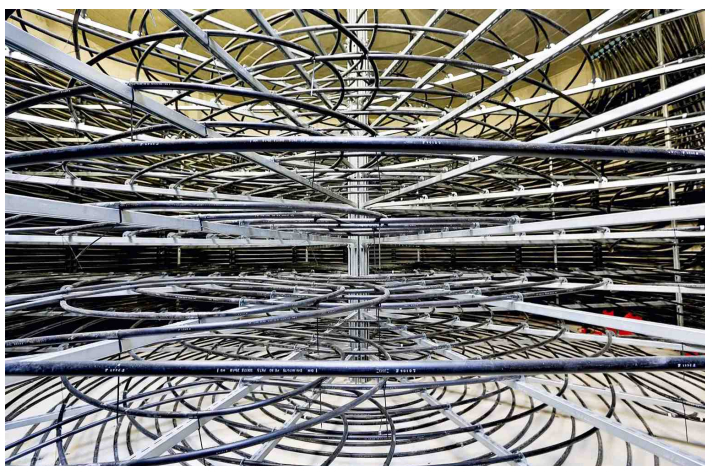
richtung des Kältemittels um: der Luft/Kältemittel-Wärmeübertrager wird dann zum Verflüssiger, der Kältemittel/Wasser-Wärmeübertrager zum Verdampfer. So erfolgt eine Abkühlung des zirkulierenden Heizkreiswassers. Die aus den Räumen abgeführte Wärme kann entweder an eine Wärmesenke abgegeben werden (in die Sonden oder an die Außenluft) oder auch z. B. zur Trinkwassererwärmung genutzt werden.

KÜHLLAST

„Kühllast“ bezeichnet den Wärmestrom, der aus einem Raum oder einem Gebäude



In einigen Fällen müssen mehrere Sonden gebohrt werden, die über Verteiler und Sammler zusammengeschlossen werden. Bei unterschiedlichen Druckverlusten in den Sonden ist ein hydraulischer Abgleich sinnvoll.
Bild: BWP



Der Eisspeicher besteht in der Regel aus Beton und enthält neben der Wasserfüllung auch einige Rohrleitungen zur Wärmeentnahme bzw. Regeneration über Solarthermie.
Bild: BWP/Viessmann

abgeführt werden muss, um den gewünschten Zustand der Raumlufttemperatur zu erhalten. Die Haupteinflussfaktoren auf die Kühllast sind: Sonneneinstrahlung und Transmission (äußere Faktoren), die Wärmeabgabe von Personen, Geräten und Beleuchtung (innere Faktoren) sowie ggf. auch Stoffströme, z. B. Außenluftanteile bei Fugenlüftung oder Lüftungsanlagen. Die Berechnung der Kühllast sollte möglichst genau ausgeführt werden. Hierzu bietet sich das Verfahren nach VDI 2078 an. Überschlägige Verfahren sollten allenfalls für erste grobe Abschätzungen verwendet werden.

KOSTENVERGLEICH

Im Fall von Erdsondenanlagen kommt es im Untergrund sowohl bei der passiven als auch bei der aktiven Kühlung zu

Wechselwirkungen zwischen Heiz- und Kühlbetrieb.

- Nach der Heizperiode: Das Erdreich um die Sonden herum ist abgekühlt, was dem Kühlbetrieb in der warmen Jahreszeit entgegenkommt.
- Nach der Kühlperiode (also zu Beginn der nächsten Heizperiode): Das Erdreich um die Sonden ist aufgewärmt, was wiederum die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke verringert und damit die Effizienz erhöht.

Verglichen mit der traditionellen Kühlung über Split-Klimageräte, Kaltwassersätzen oder VRF-Systemen ist die Kühlung über Wärmepumpen relativ preiswert. Bei passiver Kühlung eines Bürogebäudes können nach Expertenschätzungen bis zu 80

% der Kühlkosten gespart werden, bei aktiver Kühlung immerhin ca. 20 %. Ob sich die Effizienz des Heizbetriebs durch die bessere Regenerierung der Wärmequelle durch den Kühlbetrieb tatsächlich deutlich steigern lässt, ist strittig. Für Gebäude mit erhöhten Komfortanforderungen bietet es sich an, über Erdsonden eine Vorkühlung vorzunehmen und ggf. über eine konventionelle Kompressionskältemaschine nachzukühlen bzw. genaue Temperatur- und Feuchteanforderungen zu gewährleisten.

Geeignete Kühltssysteme

Bei der Nutzung von Wärmepumpen für die Kühlung werden meist Flächenkühlsysteme eingesetzt: Fußboden- oder Wandheizung, Kühldecken, Deckensegel und Betonkerntemperierung. Eine Entfeuchtung der Raumluft ist nur bei der Verwendung von Ventilator-konvektoren möglich, eine Kondenswasserableitung muss hier mitgeplant werden. Im Gegensatz zu den Flächenkühlsystemen spielt die Taupunkttemperatur bei Ventilator-konvektoren keine Rolle, weswegen der Betrieb mit niedrigeren Kaltwassertemperaturen möglich ist. Bei der Kühlung über die Wand- oder die Fußbodenfläche muss unbedingt die Unterschreitung des Taupunkts der Raumluft vermieden werden, da sonst Wasserdampf auf der Kühlfläche kondensieren kann.

Zur Vermeidung der Kondensatbildung werden üblicherweise ein Raumtemperatur- und ein Feuchtefühler eingesetzt, die an den Wärmepumpenregler angeschlossen sind. Der Regler kann damit die minimal zulässige Kaltwassertemperatur berechnen. Eine Entfeuchtung der Raumluft findet dabei nicht statt. Da die relative Luftfeuchte bei sinkender Temperatur steigt, kann sich das negativ auf die Behaglichkeit auswirken. Unter bestimmten Bedingungen kann die Kühlleistung durch die Gefahr der Taupunktunterschreitung begrenzt sein. Bei der Auslegung sind die jeweiligen Erfordernisse für Heizung und Kühlung zu beachten.

Bei Verwendung der Fußbodenheizung als Kühltssystem kann eine Kühlleistung von etwa 25 W/m² übertragen werden. Das entspricht unter Umständen nur der Hälfte oder einem Viertel der Kühllast. Aufgrund der relativ hohen Oberflächentemperaturen ist nicht mit kalten Füßen zu rechnen. Bei der Kühlung über Wandflächen kann eine etwas höhere Kälteleistung übertragen werden, da sowohl die



Kühldecken gibt es in vielen Formen. Sie können modular in Elementen abgehängter Decken montiert werden, oberhalb von Gipskarton oder auch als Rohrschlangen oder Kapillarrohrmatten in Beton oder Putz verlegt sein.
Bild: geoCLIMAdesign/BWP

Wärmeübertragung durch Strahlung als auch die durch Konvektion höher ist. Auch Luftkühler in Lüftungsanlagen mit geringem Luftwechsel, wie z.B. Wohnungslüftungsanlagen, können über die beschriebene passive und aktive Kühlung versorgt werden.

PLANUNG WASSERGEFÜHRTER KÜHLUNG

Normativ gibt es derzeit wenige Grundlagen für die Planung wassergeführte Kühlanlagen. Ein europäischer Normentwurf – prEN 176711) – liegt vor. Mit der Veröffentlichung wird 2025 gerechnet. Die Norm betrachtet insbesondere folgende Anlagenteile: Rückkühlung, Kühler (aktive und passive Kühlung), Einrichtungen zur Speicherung und Verteilung gekühlten Wasser und zur Aufnahme der Wärme sowie Regel- und Sicherheitseinrichtungen und beschreibt, was bei deren Auswahl und Dimensionierung zu beachten ist. Grundsätzlich sollten bei der Planung derartiger Anlagen u. a. folgende Punkte beachtet und mit dem Auftraggeber vereinbart werden:

- thermische Eigenschaften des Gebäudes für die Berechnung der Kühllast und mögliche Verbesserungen hinsichtlich der Energieeinsparung,
- Außentemperatur und absolute Luftfeuchte für den Auslegungsfall,
- Auslegungs-Innentemperatur,
- Verfahren der Kühllastberechnung,
- Festlegung des Deckungsgrads der Kühllast (Kühlung oder Ankühlung), zulässige Überschreitungen der operativen Temperatur,
- Energiequelle,
- Art und Anordnung der Wärmeaufnahme („Kälteübergabe“) bzw. der Kühlflächen,
- hydraulisches System,
- bei gemeinsamer Nutzung zur Heizung und Kühlung ist besonderes Augenmerk auf die bei der Kühlung größeren erforderlichen Volumenströme gegenüber Heizungsanlagen zu richten,
- Regelung der Kühlanlage, insbesondere bei gemeinsamer Regelung mit Heizungsanlagen,
- Vorgaben zum Schutz vor Kondensation

(wasserdampfdiffusionsdichte Ausführung der Dämmung von Rohrleitungen, Ventilen und sonstigen Armaturen) bzw. Ableitung von Kondenswasser.

SCHLUSSBEMERKUNG

Eine Wärmepumpe ist ein geeignetes Aggregat, mit dem Gebäude beheizt und gekühlt/temperiert werden können. Stimmen die Randbedingungen und werden sie eingehalten, handelt es sich um ein für den Gebäudenutzer attraktives System. Die Nachfrage dürfte in den nächsten Jahren zunehmen.

Autor: Alexander Sperr

www.waermepumpe.de