

Die Wärmepumpe – das Kernstück zwischen Geothermie und Betonkerntemperierung

Ing. Heinrich Huber
arsenal research, Wien, Nachhaltige Energiesysteme

Einleitung

Im Rahmen der angestrebten politischen Umwelt-Ziele, vor allem das der Reduktion der CO₂-Emissionen, stellt die Nutzung erneuerbarer Energien einen zentralen Punkt dar. Dabei kann die Wärmepumpe einen wesentlichen und wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung erbringen. Wärmepumpen sind heute in vielen europäischen Ländern etabliert und der Markt wächst, wie die letzten Marktanalysen bestätigen, kontinuierlich weiter. In Europa werden Wärmepumpen im Wohnbereich primär zum Heizen in Verbindung mit den hier üblichen Warmwasser-Verteilssystemen eingesetzt. Jedoch kann, bei einer innovativen Einbindung in die Haustechnikanlage, durch die Wärmepumpe auch die Wärme- und Kältebereitstellung in einem Büro- oder Gewerbebau erfolgen und so einen weiteren Beitrag zur Reduktion der CO₂-Emissionen geleistet werden.

1 Funktionsweise einer Wärmepumpe

Generell kann eine Wärmepumpe als ein Aggregat bezeichnet werden, das Wärme auf einem niedrigen Temperaturniveau aufnimmt und unter Hinzunahme von Antriebsenergie (mechanische Energie oder höhere Temperaturen) Wärme auf einem höheren, nutzbaren Temperaturniveau abgibt. Damit eignet sich eine Wärmepumpe grundsätzlich für die Nutzung von Luft, Wasser und oberflächennaher Geothermie zu Heizzwecken; Wärme wird aus der Erde bei Temperaturen von etwa -5 °C bis +10 °C gewonnen und mit ca. 35 °C-55 °C an die Heizung abgegeben. Je niedriger dabei der Temperaturhub ist (z. B. 0 °C auf 35 °C), desto weniger Antriebsenergie wird benötigt und desto besser ist die Energieeffizienz.

Eine Analogie zur Wärmepumpe findet sich in jedem Haushalt: Ein Kühlschrank fördert Wärme

von niedrigem Niveau (Innenraum) auf ein höheres Niveau, damit sie an die Umgebungsluft abgegeben werden kann (Verflüssiger, meist auf der Kühlschranksrückseite; dieser wird im Betrieb warm). Ziel ist hierbei natürlich nicht die Heizung der Luft an der Kühlschranksrückseite, sondern die Kühlung des Innenraumes. Auch Wärmepumpen können so gebaut werden, dass sie für beide Zwecke eingesetzt werden können, nämlich die Heizung im Winter und die Raumkühlung im Sommer. Derartige Wärmepumpen werden in großen Stückzahlen in Japan und Nordamerika gebaut.

In der Praxis sieht der Arbeitsmittelkreislauf folgendermaßen aus:

Durch Wärmezufuhr auf niedrigem Temperaturniveau wird ein Medium mit tiefem Siedepunkt („Kältemittel“, heute nur mehr ozonunschädliche HFKWs wie R407C oder natürliche Stoffe wie R290/Propan) verdampft, die gasförmige Phase dann in einem Verdichter verdichtet (in der Praxis bis >20 bar) und dadurch erhitzt. Unter hohem Druck stehend gibt das Arbeitsmittel seine Wärme zur Nutzung an Heizungswasser oder Luftstrom ab und kondensiert dabei. Durch ein Drosselorgan (Kapillarrohr, Expansionsven-

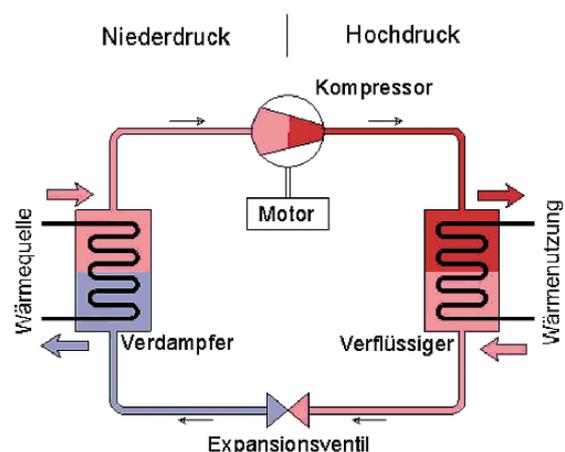


Abb. 1: Schema einer Kompressions-Wärmepumpe (B. Sanner)

til) tritt das Arbeitsmittel wieder in den Teilkreislauf mit geringem Druck ein und wird wiederum dem Verdampfer zugeführt.

Für den Antrieb von Wärmepumpenverdichtern werden überwiegend Elektromotoren eingesetzt. Bei größeren Einheiten (>100 kW Heizleistung) stehen auch Wärmepumpen zur Verfügung, deren Verdichter durch einen Gas- oder Dieselmotor angetrieben wird; im kleinen Leistungsbereich gibt es entsprechende Aggregate als Luft-Luft-Wärmepumpen in Japan und den USA, in Europa hat die Entwicklung noch nicht zu Serienprodukten geführt.

2 Wärmepumpensysteme im Überblick

Luft als Wärmequelle

Außenluft ist eine Wärmequelle, die überall unbegrenzt zur Verfügung und ohne jede Genehmigung nutzbar ist. Bei sinkender Außentemperatur steigt der Wärmebedarf des Gebäudes. Gleichzeitig sinken jedoch die Heizleistung und die Leistungszahl der Wärmepumpe. Deshalb werden Luft-Wasser-Wärmepumpen meist für bi-

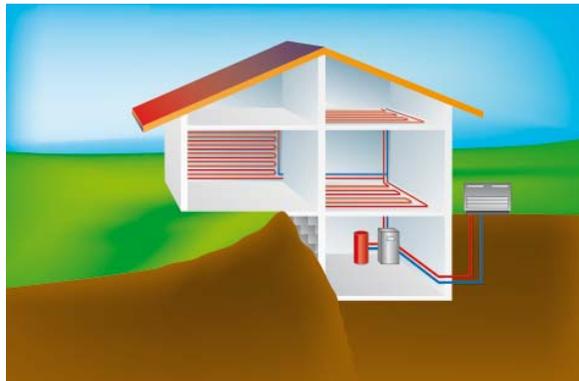


Abb. 2: Luft-Wasser-Splitsystem



Abb. 3: Luft-Wasser-Kompaktsystem

valenten Betrieb ausgelegt. Die integrierte Heißgasabtauung ermöglicht einen störungsfreien Betrieb bei Außentemperaturen bis zu -20 °C.

Bauarten

Bei Kompaktgeräten für Innenaufstellung sind sämtliche Bauteile der Wärmepumpe in einem Gehäuse untergebracht. Für die notwendige Förderung des Luftstromes werden meist Radialventilatoren eingesetzt – diese müssen sämtliche Druckverluste bei der Luftführung überwinden können.

Bei Split-Wärmepumpen wird der Verdampfer im Freien aufgestellt. Es kommen dabei hauptsächlich geräuscharme Axialventilatoren zum Einsatz. Die innen stehende Kondensatoreinheit ist mittels Kältemittelleitungen mit dem Verdampfer verbunden – damit sind die Luftleitungen nicht notwendig.

Wasser als Wärmequelle

Die Temperatur des Grundwassers in Tiefen von 10 m und mehr schwankt im Verlauf eines Jahres nur geringfügig und beträgt im Mittel etwa 10 °C. Je nach Gebiet, in dem die Brunnen angelegt wurden, sowie je nach Tiefe des Grundwasserstockwerks, aus dem Wasser gefördert wird, liegt die Grundwassertemperatur im Winterhalbjahr zwischen 8 °C und 12 °C und im Sommerhalbjahr zwischen 10 °C und 14 °C. Sofern Grundwasser in ausreichender Menge und Qualität sowie in zumutbarer Tiefe zur Verfügung steht, kann diese Wärmequelle hinsichtlich ihres Temperaturverhaltens als besonders gut bezeichnet werden.

Erdreich als Quelle

Ab einer Tiefe von 10 bis 15 m stellt sich eine Erdreichtemperatur ein, die sich während des gesamten Jahres durch die Änderung

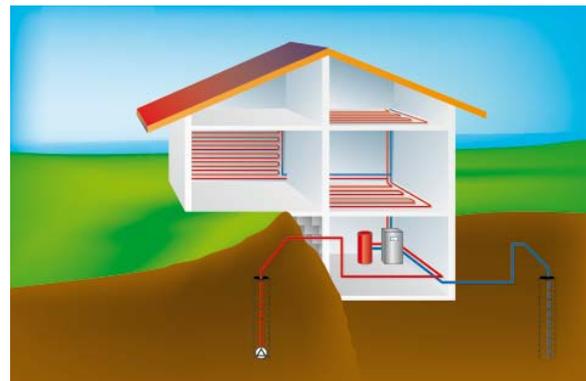


Abb. 4: Wasser-Wasser-System

der Außentemperatur nicht ändert und etwa dem Jahresmittelwert der Außenlufttemperatur entspricht. Zwischen der Oberfläche und der Ebene, wo die ungestörte Erdreichtemperatur herrscht, gibt es eine Zone, in der sich die Erdreichtemperatur entsprechend der Außentemperatur ändert, allerdings gedämpft und verzögert, wodurch die Temperaturspitzen der Außenluft gedämpft werden. Möglichkeiten zur Nutzung des Erdreichs sind Bohrlochspeicher im Fels oder im Erdreich und Aquifere, mehr oder weniger stagnierende Grundwasserseen.

Die Wärme stammt überwiegend aus der Sonnenenergie, die die Sonne auf die betreffende Fläche im Verlauf eines Jahres einstrahlt und durch Regen und warme Luft im Erdreich gespeichert wird.

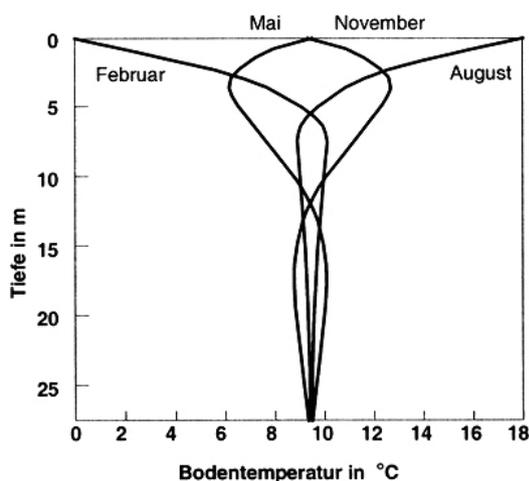


Abb. 5: Temperaturgang im Erdreich

In unserem Klima wird ein frostbeständiger Wärmeträger, meist Propylenglykollgemisch oder das Kältemittel, durch die Rohrleitungen, die in etwa 20-30 cm unter der Frostgrenze im Erdreich verlegt sind, geleitet. Die über den Flachkollektor lagernde Erdschicht gleicht die unterschiedliche Energieeinstrahlung der Sonne durch die Speicherwirkung aus. Einem Quadratmeter Erdfläche können bei dieser Technik am kältesten Wintertag, für den die Heizung ausgelegt ist, je nach den örtlichen Verhältnissen 10 W/m² (trockener, nicht bindiger Boden) bis 40 W/m² (wassergesättigter Boden) entzogen werden. Damit wird eine Grundstücksfläche für den Kollektor benötigt, die durchschnittlich zwei Mal größer als die Wohnfläche ist.

Alle diese Werte schwanken in weiten Bereichen je nach der Wärmekapazität des

Erdreiches, seine Wärmeleitfähigkeit, seinem Wassergehalt, seiner Wasser- sowie seiner Wasserdampfdurchlässigkeit (Diffusion) und der Sonnenscheindauer der betreffenden Gegend.

Bei eingehenden Untersuchungen hat sich bestätigt, dass die Erdreichtemperatur über die Jahre des Wärmeentzuges nicht immer weiter absinkt. Im Wesentlichen wird dank der intensiven Sonneneinstrahlung im Sommer und der Zufuhr von Wärme aus der wärmeren Luft sowie dank des Regens die Erdreichtemperatur wieder regeneriert, wenn die spezifischen Entzugleistungen nicht überschritten werden.

Bauformen der erdreichgekoppelten Wärmequellenanlage

Bei den so genannten Soleanlagen besteht die Wärmequellenanlage (WQA) aus einem Erdabsorber (Flach-, Künnetten-, Grabenkollektor oder Erdsonde), der mit PE-Rohren ausgeführt wird. In diesen Rohren zirkuliert die Wärmeträgerflüssigkeit Sole (Wasser-Frostschutzgemisch), mit der dem Erdreich Energie entzogen wird.



Abb. 6: Sole-Wasser-Tiefensonde

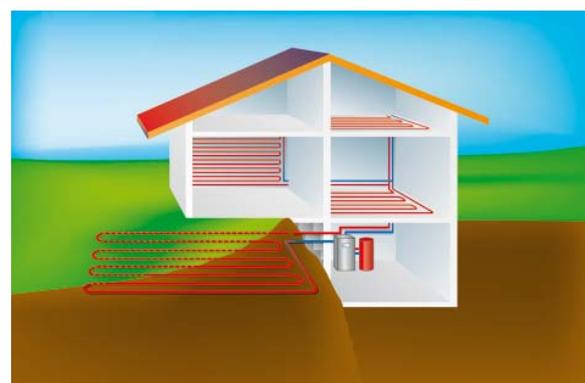


Abb. 7: Sole-Wasser- oder Direktverdampfung mit Flachkollektor

Beim System Direktverdampfung zirkuliert das Kältemittel der Wärmepumpe in im Erdreich als Flachkollektor verlegten, mit Kunststoff ummantelten Kupferleitungen. Das flüssig eingespritzte Kältemittel wird durch die Wärme im Erdreich verdampft und wieder dem Verdichter zugeführt. Durch diese „direkte“ Verdampfung ergeben sich um etwa 10 % höhere Arbeitszahlen, da Zwischenwärmeübertrager und Soleumwälzpumpe entfallen.

Die Größe der WQA richtet sich nach der Kälteleistung der WP und der spezifischen Wärmeentzugsleistung des Erdreichs.

3 Das Erdreich als Speicher

In der Vergangenheit wurde die Bereitstellung von Wärme und Kälte vollkommen getrennt: Kaltwasser für die Entfeuchtung und die Kühlung wurde von einem Kaltwassersatz bereitgestellt, Heizungswasser von einem Kessel, und dieser Kessel wurde auch im Sommer für die Nachheizung eingesetzt; die Abwärme des Kaltwassersatzes wurde an die Umgebung abgeführt. Später begann man, die Abwärme des Kaltwassersatzes für die Nachheizung zu nutzen, und ging dazu über den Kaltwassersatz, nun den Wärmepumpen-Kaltwassersatz, auch dazu zu verwenden, Abwärme aus Räumen, die gekühlt werden müssen, in Räume, die zur selben Zeit geheizt werden müssen, zu verschieben. Mit derartigen Systemen konnte ein großer Teil der erforderlichen Heizlast abgedeckt werden, aber sehr oft nicht alles, da der Kühlturm meist ein unzureichendes Wärmequellensystem für den Wärmepumpen-Kaltwassersatz war.

Ein nächster Schritt war der Wechsel von der Luft zum Erdreich (Abb. 8): Das Erdreich stellt einen Saisonspeicher dar.

Es gibt aber auch die Möglichkeit, die Fundamentierung des Gebäudes als Speicher zu nutzen, wobei sich besonders Pfahlfundamentierungen dafür anbieten. Durch die Aktivierung des Fundaments im Sommer ergibt sich die Möglichkeit der Wärmeentnahme für Heizzwecke bei erhöhter Erdreichtemperatur am Beginn der Heizsaison, wodurch eine tiefere Temperatur am Beginn der Kühlsaison im Erdreich herrscht. Unter günstigen Voraussetzungen ist es möglich, am Beginn der Kühlsaison das Gebäude sogar ohne Betrieb des Kaltwassersatzes zu kühlen – „Direct Cooling“ (Abb. 9).

Ein weiterer Vorteil ist, dass keine Kühltürme erforderlich sind. Kühltürme benötigen viel Energie für Pumpen und Ventilatoren und für Nasskühltürme ist zusätzlich eine Wasseraufbereitung erforderlich. Weiters verschlechtert sich der Wirkungsgrad der Anlage, da die größte Kühllast mit den höchsten Außentemperaturen im Sommer zusammentrifft. Außerdem kann der Entfall der Kühltürme bei der Bauwerksstatik berücksichtigt werden, womit Baukosten reduziert werden können.

4 Low-Ex-Systeme

Weitere Effizienzsteigerungen können durch so genannte Hochtemperatur-Kühlsysteme und Niedertemperatur-Heizungssysteme, die auch unter der Bezeichnung Low-Ex-Systeme (Niedrig-Exergie-Systeme) bekannt sind, erreicht

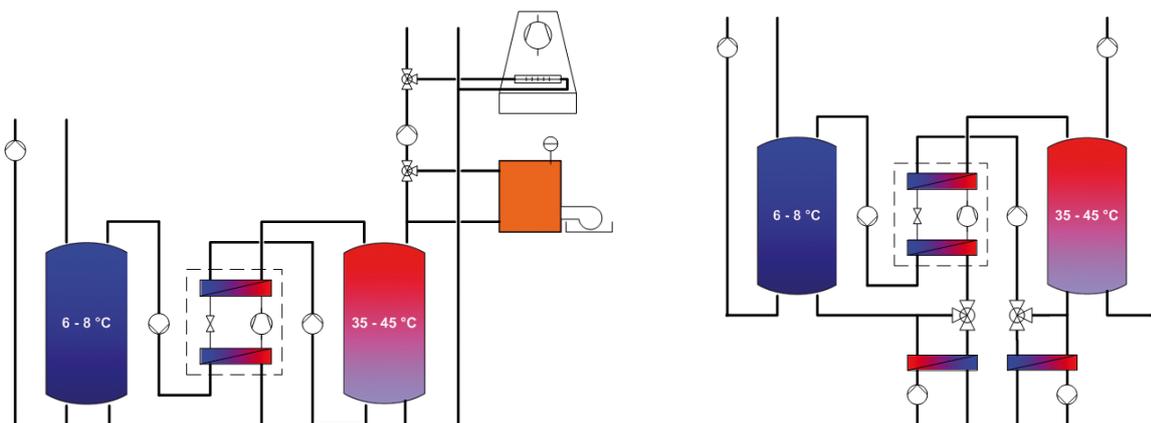


Abb. 8: Wechsel der Wärmesenke/Wärmequelle von der Außenluft zum Erdreich

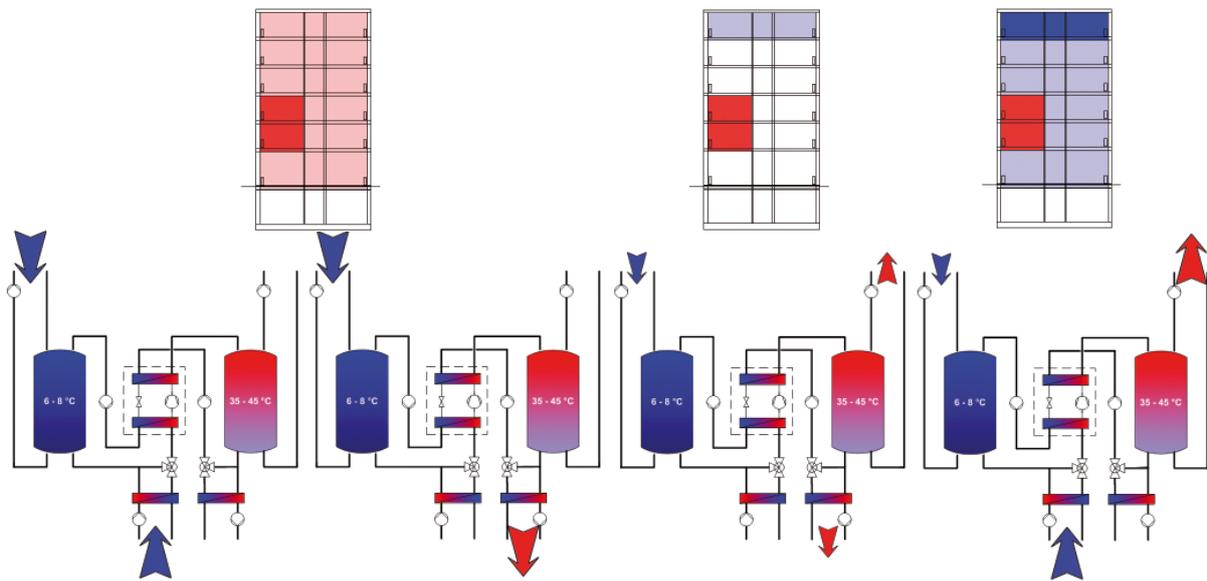


Abb. 9: Betriebsmodi einer innovativen Kälte- und Wärmebereitstellung

werden. Das Prinzip dieser Systeme beruht darauf, den Temperaturhub im Wärmepumpen-Kaltwassersatz so klein wie möglich zu halten. Für die Entfeuchtung sind 6 °C bis 8 °C erforderlich, um die gewünschte Raumluftfeuchte zu erreichen; zur Abfuhr der Kühllast sind hingegen minimal 16 °C erforderlich, also eine 6 bis 8 K höhere Temperatur, die mit wesentlich weniger Energieaufwand erreicht werden kann. Zur Erzeugung von Kälte und zur Abfuhr der Kühllast gibt es folgende Möglichkeit: Man verwendet einen Kaltwassersatz, der Kaltwasser mit einer Temperatur von 6 bis 8 °C für die Entfeuchtung produziert, und einen zweiten Kaltwassersatz, der Kaltwasser mit einer Temperatur von 16 bis 20 °C zur Abfuhr der Kühllast produziert, welche mit Gebläsekonvektoren, Kühldecken, Kühlwänden oder aktivierten Bauteilen bewerkstelligt wird. Diese Kaltwassersätze werden mit dem Erdspeicher kombiniert.

Wenn man berücksichtigt, dass der Anstieg der Kaltwassertemperatur um 1 Kelvin einen Anstieg der Leistungszahl (COP) um ca. 2 % und einen Anstieg der Kälteleistung um 3 % bedeutet; entspricht das in der Praxis einem Anstieg des COP von 32 % und der Kälteleistung um 48 %. Wenn man davon ausgeht, dass in einem großen Gebäude ohnedies mehr als ein Kaltwassersatz installiert wird, ergeben sich die Mehrkosten zur Kälteerzeugung lediglich

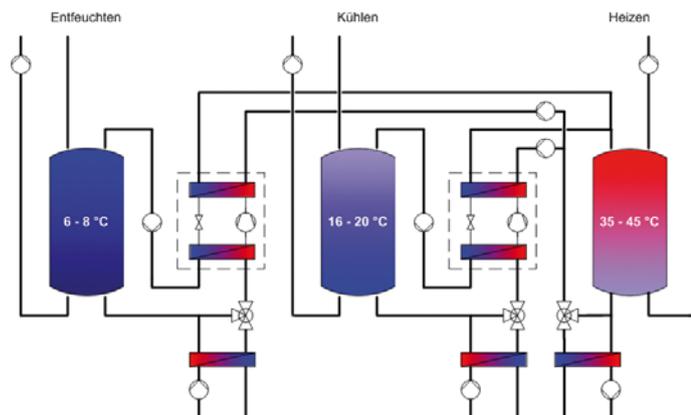


Abb. 10: Hydraulikschema eines Low-Ex-Systems

durch die aufwändigere Hydraulik. Natürlich sind die Investitionskosten höher, speziell durch den Erdspeicher, aber Möglichkeiten wie direkte Kühlung und merkbar reduzierte Betriebskosten zeigen die Vorteile des Erdspeicherbetriebs.

5 Zusammenfassung

Die Auswahl einer Kälte- und Wärmebereitstellungsanlage für ein kommerzielles Gebäude hängt von den klimatischen Bedingungen, dem Gebäude selbst und der Nutzung des Gebäudes ab. Die Aufgabe der Anlage besteht darin, externe und interne Lasten zu kompensieren und hygienische Bedingungen sowie einen Ganzjahreskomfort für den Benutzer bereitzustellen. Zusätzlich kann durch eine sinnvolle

hydraulische Verschaltung der Anlage die Wärme innerhalb des Gebäudes je nach Bedarf verschoben werden und somit eine Verminderung des erforderlichen Energieeinsatzes bewirken.

Wenn man das Erdreich als Speicher verwendet, mit zusätzlich direkter Kühlung und durch Verwendung von Low-Ex-Systemen, können der Primärenergieeinsatz und damit die CO₂-Emissionen weiter reduziert werden. Der Haupteinflussfaktor bezüglich des Energieeinsatzes stellt die derzeit eingesetzte Architektur – Glas, Glas-Doppelfassaden, voll transparente Fassaden – des Gebäudes dar. Somit hat das Gebäude

im Hinblick auf Energie und Umwelt das größte Potenzial für Fortschritte.

Literatur

Huber, H., et al., 2002, Skriptum zum „Zertifizierten Wärmepumpeninstallateur“, arsenal research, Wien.

Halozan, H., 2005, 3. Forum Wärmepumpe, 13.-14.10.2005, Berlin.

Sanner, B., 1992, Erdgekoppelte Wärmepumpen, Geschichte, Systeme, Auslegung, Installation, IZW-Bericht 2/92, Karlsruhe.

Das klima:aktiv Programm „wärmepumpe“

Bietet Endkunden ein umfangreiches Informationsangebot über die Nutzungsmöglichkeiten der Wärmepumpe und ist Teil der Initiative für den aktiven Klimaschutz des Lebensministeriums.

Das Programm klima:aktiv „wärmepumpe“ wird finanziert vom Lebensministerium, dem Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs sowie der heimischen Wärmepumpenindustrie.

Für die Ausführung des Programms ist die Leistungsgemeinschaft Wärmepumpe Austria, gemeinsam mit den Fach- und Regionalpartnern arsenal research, ÖGUT, Grazer Energieagentur und Energie Tirol verantwortlich.

Mehr Infos zum Programm erhalten Sie beim Programm-Management:

Kontakt: Mag. Martina Höller
T: 07229/70452, E: martina.hoeller@lgwa.at
I: www.waermepumpe.klimaaktiv.at



ERDWÄRME. GRATIS-ENERGIE AUS DER NATUR.



Mit Tiefensonde oder Flächenkollektor gewinnen die modernen Schnauer-Wärmepumpensysteme bis zu 75 Prozent kostenlose Energie aus der Erde - für Heizung, Warmwasserbereitung und Kühlung.



ENERGIE-, SOLAR- UND UMWELTECHNIK GMBH & CO KG

Hafenstraße 57, 3500 Krems
Tel. 0 27 32 / 888 - 333, Fax: DW 27
e-mail: energie@schnauer.at
www.schnauer.at