



# Maßstäbe für Effizienz und Steuerung bei Wärmepumpen

*Die Nutzung von Erdwärme wird meist mit einer Bohrung gleich gesetzt. Das 'warme' Erdinnere wird dabei als beste Wärmequelle erachtet – je tiefer man kommt, desto heißer wird es ja. Standard dabei ist die Verwendung einer Wärmeträgerflüssigkeit, der Sole, die in der Tiefensonde zirkuliert und die Wärme nach oben zur Wärmepumpe befördert. Allerdings herrschen in 100m Tiefe meist gerade mal um die 12°C.*

*Autor: Bernhard Wenzel, Vorstand Klima-Innovativ e.V. und Koordinator der Interessengemeinschaft Direktverdampfung Pro-DX | Bilder: Pro-DX*

Bohren ist aber nicht billig, je nach benötigter Heizlast und Bodenbeschaffenheit kommen schnell mehrere Sonden zusammen. Deshalb haben seit einiger Zeit die Luftwärmepumpen einen gewaltigen Zulauf, sind sie doch schon alleine wegen der entfallenden Bohrkosten meist weitaus günstiger. Ihr Marktanteil in Deutschland ist von etwa 15% noch vor ein paar Jahren auf jetzt schon über 45% geklettert. Dabei haben Luftwärmepumpen erschwerte Bedingungen: Das Erdreich hat im Winter weitgehend konstante Temperaturen, die Luft dagegen wird in manchen Nächten bitterkalt. Je nachdem auf welchen Zeithorizont man rechnet, mag sich eine Luftwärmepumpe schneller amortisieren, ob sie langfristig die bessere Alternative ist, hängt vom Einzelfall ab. Natürlich ist zunächst die klimatische Lage ein wichtiger Faktor. In milden Gegenden wie dem Rheingraben oder dem Rhein-Main-Gebiet tut sich eine Luftwärmepumpe deutlich leichter als am Alpenrand, wo es strenge Winter gibt.

## Spitzenreiter Direktverdampfung

Spitzenreiter in der Effizienz ist aber eine ganz andere Technik: die Direktverdampfung. Sole-Anlagen bestehen aus drei Kreisläufen: Die Wärme wird vom Erdreich auf die Sole (Wasser-Glykolegemisch) übertragen, die in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert. Über einen Wärmetauscher gelangt sie an den Kältemittelkreislauf der Wärmepumpe, nach dem Verdichten und Erhitzen durch den Kompressor steht sie über einen weiteren Wärmetauscher dem Heizwasserkreislauf im Gebäude zur Verfügung. Direktverdampfer haben dagegen nur zwei Kreisläufe: Auf den Wärmeübertragungskreislauf der Sole wird hier komplett verzichtet, stattdessen wird der Kältemittelkreislauf der Wärmepumpe hinaus in den Garten verlängert. Dies spart den sonst fälligen Wärmeübergang auf die Sole und damit etwa 5 bis 7° K. Um diesen Wärmeübergang plus den Stromverbrauch der Sole-



pumpe ist das System der Direktexpansion schon im Vorteil. Als Energiesammler dient dabei ein horizontal in der Erde verlegter Kollektor. Er besteht aus mehreren Kreisen, deren Länge je nach Hersteller zwischen 70 und 100m beträgt. Sie werden etwa 20 bis 30cm unterhalb der Frostgrenze im Erdreich, in der Regel 100 bis 120cm tief verlegt und in einem Sammelschacht gebündelt. Vom Schacht gehen zwei Kupferrohre zur Wärmepumpe. Die Form und Anordnung der Kreise ist beliebig, es können auch Gräben verwendet werden. Der Kollektor muss nicht eben liegen, sondern kann auch bei Hanglagen verwendet werden. Zur vollständigen Regeneration des Kollektors und um das Pflanzenwachstum nicht zu beeinträchtigen, beträgt die minimale Fläche etwa 25m<sup>2</sup> pro kW Heizleistung. Angaben wie '1:1 zur Fläche des Hauses' leiten in die Irre. Eine großzügigere Auslegung ist unbedingt zu empfehlen und bringt auch eine höhere Effizienz. Ein Kollektor bezieht seine Energie zu 98% von oben, hauptsächlich aus dem Regenwasser, das für den Wärmeübergang sorgt. Er darf deshalb nicht überbaut oder versiegelt werden. Der Wärmeübergang des Erdreichs ist durch das verwendete Kupferrohr, das durch einen dünnen PE-Mantel gegen Korrosion geschützt ist, besser als beim Solesystem, bei dem ein stärkeres PE-Rohr zum Einsatz kommt. Durch den Prozess des Verdampfens des Kältemittels im Rohr kann Wärme wesentlich effektiver und mit einem viel geringeren Massenstrom als bei Sole aufgenommen werden. Die verwendeten HFKW-Kältemittel R 407c und R 410a sind nicht brennbar, bei der Verwendung von Propan als Arbeitsmittel wird die Wärmepumpe im Freien aufgestellt. Da sie kein die Ozonschicht schädigendes Chlor enthalten, müssen sie auch nicht wie die auslaufenden HFCKW-Kältemittel ersetzt werden.

## Direktexpansion

Die Herstellung einer Wärmepumpenanlage mit Direktexpansion gestaltet sich gerade bei Neubauten sehr einfach, es muss lediglich die minimal erforderliche Fläche vorhanden sein. Diese kann wegen der besseren und gleichmäßigeren Wärmeaufnahme kleiner als bei einem Sole-Kollektor ausfallen. Bei Sole sollte die Kollektorfläche 35m<sup>2</sup> pro kW

Heizleistung betragen, bei der Direktexpansion können 25m<sup>2</sup> pro kW genügen. Dadurch ist der Einsatz auch bei kleineren Grundstücken möglich, die Erdarbeiten sind aufgrund des geringeren zu bewegendes Volumens günstiger. In der Wärmepumpe selbst entfällt der Verdampfer für die Sole – hierfür dient bei der Direktexpansion ja der Kollektor – auch die Solepumpe entfällt. Die Mehrkosten des Kupfers für den Kollektor gegenüber dem PE-Rohr bei der Sole werden durch den geringeren Flächenbedarf und die einfachere Verlegung wieder kompensiert. Das unflexible PE-Rohr muss am Boden fixiert werden, sonst bäumt es sich auf. Das Kupferrohr dagegen bleibt einfach auf dem Boden liegen. Auch die Verlegung in Abschnitten ist problemlos machbar und löst damit das Platzproblem des Erdaushubs. Besonders gegenüber einer Sondenbohrung bringen die Erdarbeiten, noch dazu wenn sie im Zuge von Bauarbeiten sowieso vorgenommen werden müssen, weitaus weniger Kosten mit sich. Zudem ist der Kollektor in der Regel nach DIN8901 genehmigungsfrei. Vergleicht man die Anschaffungskosten eines Direktverdampfers gegenüber einer Split-Luftwärmepumpe, die einer meistens verwendeten Kompakt-Luftwärmepumpe deutlich überlegen ist, so liegen beide in etwa gleich auf – der Unterschied ergibt sich meist über die Erdarbeiten beim Direktverdampfer. So sind die höhere Effizienz, die niedrigeren Betriebskosten und eine höhere Umweltfreundlichkeit gegenüber Sole-Sonden und Luftwärmepumpen der größte Plus-



Verlegen und Einsanden eines Erdkollektors mit mehreren Kreisen PE ummantelten Kupferrohrs.

punkt der Direktexpansion. Energetisch ergibt sich eine eindeutige Bilanz: Betrachtet man diverse Felduntersuchungen zu Wärmepumpen, ergeben sich für die Luftwärmepumpen durchschnittliche Jahresarbeitszahlen von 2,7, die Sole-Systemen kommen auf etwa 3,5. Die neueste Untersuchung zur Direktverdampfung attestiert diesen schon eine 4,7 im Durchschnitt. Generell kann man sagen, dass Direktverdampfer einen

- Anzeige -

Tel. +49.7221.6 41 03  
www.dittrich-systeme.de

**J. DITTRICH**

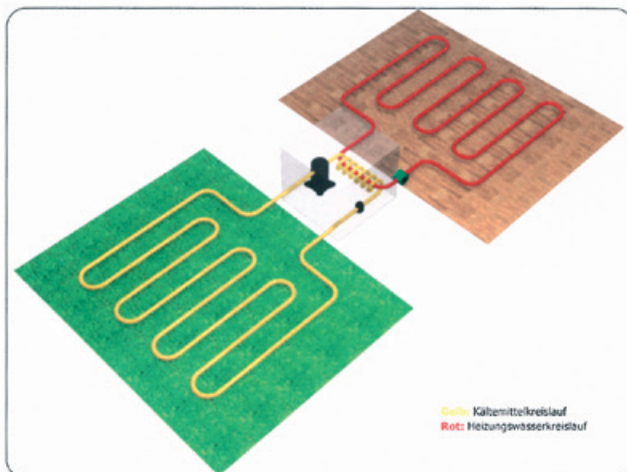


## Bedarfsgeregelte Lüftung spart Energie und sorgt für gutes Raumklima

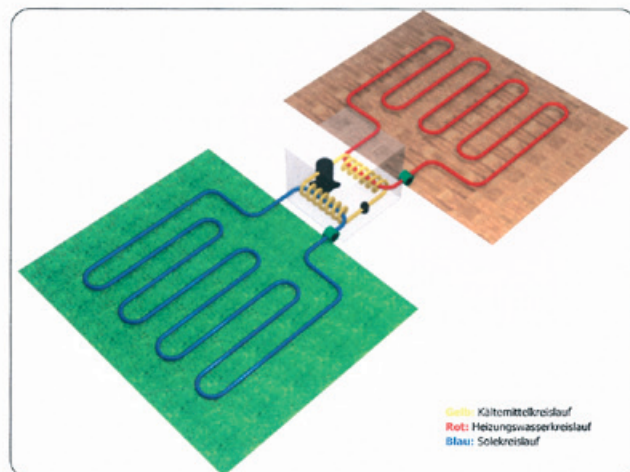
Ob in natürlich oder technisch gelüfteten Räumen, mit unserem CO<sub>2</sub>-NDIR-Messsystem ist dies kein Problem. Es bestimmt die Leitsubstanz der Luftgüte, das Kohlendioxid, zuverlässig und genau und gibt die Messwerte optisch, analog, digital oder als Impuls aus: Damit Sie alles Weitere regeln können.

INNOVATIVE GASMESS-SYSTEME VON J. DITTRICH ELEKTRONIK





2-Kreis System mit Direktverdampfung (Kältemittel im Kollektor)



3-Kreis System mit Sole (Sole im Kollektor)

etwa 20% höheren Wirkungsgrad als Soleanlagen erreichen.

## Die Kältetechnische Anwendung

Trotzdem sind Direktverdampfer in Deutschland bislang wenig vertreten, ganz im Gegensatz zu Österreich und Frankreich, wo sie deutlich weiter etabliert sind. Der Grund dafür ist einfach: Entscheidend ist der Vertriebsweg. Die im deutschen Wärmepumpenmarkt dominierende Kesselindustrie sucht ihr Geschäft über den Heizungsbauer und Elektriker, die haben aber keine kältetechnischen Befugnisse, ihre Fähigkeiten lassen den Umgang mit Kältemitteln nicht zu. Direktverdampfer sind dagegen eine primäre kältetechnische Anwendung, die

nicht auf den kompakten, nicht dominierenden Kältekreislauf in einer Schachtel angewiesen sind. Da bei der Direktexpansion die Verdampfung des Kältemittels nicht in einem kleinen Wärmetauscher, sondern einem langen Rohr stattfindet, ist eine anspruchsvollere Regeltechnik von Vorteil. Sonst bei Wärmepumpen übliche thermostatische Einspritzventile sind wegen der hohen Laufzeiten des Kältemittels durch den Kollektor nur bedingt geeignet. Elektronische Einspritzventile können sehr viel besser für die optimale Füllmenge an Kältemittel sorgen, die notwendige Überhitzung sollte in einem Sauggaswärmetauscher erfolgen, um damit die gesamte Kollektorlänge für den Wärmeentzug nutzbar zu machen. Damit lässt sich der Wirkungsgrad nochmals steigern, es sind aber hochwertige Komponenten zur Drucküberwachung und für das Einspritzventil notwendig. Andererseits ist eine sensible Differenzdruckregelung des Kältemittels auch bei einer eventuellen Havarie von großem Vorteil. Da die Anlagen hermetisch geschlossen sind und die Lebensdauer der Kollektorrohre als nahezu unbegrenzt gilt, ist als Ursache nur eine mechanische Beschädigung bei Grabarbeiten denkbar. Kommt es dabei zu einem Austritt des Kältemittels, kann die Elektronik sofort reagieren, den Kollektor abriegeln und das Kältemittel zurück in den Verdichter saugen. Damit lässt sich die Menge an austretendem Kältemittel auf ein unbedenkliches Minimum beschränken. Normalerweise werden Wärmepumpen mit Pressostaten

zur Druckregelung ausgestattet, da sie aber nur zur Notabschaltung dienen und mit ihrer Mechanik nicht auf wechselnde Drucklagen ansprechen dürfen, greifen sie erst ein, sobald ein voreingestellter Minimalwert unterschritten wird. Bis dahin ist dann aber schon das allermeiste Kältemittel ausgetreten. Ein weiterer Pluspunkt ist die Modulation des Verdichters. Dabei wird dessen Leistung zwischen 100 und 20% an den Bedarf angepasst. Das bringt eine höhere Effizienz im Teillastbetrieb und verhindert das Takten, das die Lebensdauer des Verdichters verringert. Im Bereich der Wärmepumpe ist die Modulation noch relativ neu und nur bei sehr wenigen Herstellern anzutreffen. Exemplarisch seien hier Heliotherm, Neura und Beglau als Hersteller von Direktverdampfern, die die Modulation anbieten, genannt. Wenn schon eine moderne Steuerung für die Effizienz Vorteile bringt, so geht der Trend verstärkt auch dahin, sie zur Steuerung des kompletten Heizsystems zu nutzen. Per GSM oder Internet vernetzt, können sowohl die Betriebszustände abgerufen, wie auch die Wärmepumpe gesteuert werden. Mit Datenloggern werden z.B. die Parameter von Wärmemengenzählern zum Nachweis der Förderung durch das BAFA erfasst und ausgewertet. Damit sind Diagnose, Überwachung und Steuerung von Heizung und Raumklima im Prinzip von jedem Punkt der Erde aus möglich. ■



Eine Wärmepumpe von Heliotherm mit Frischwassersystem zur Warmwasseraufbereitung

[www.klima-innovativ.de](http://www.klima-innovativ.de)  
[www.pro-dx.de](http://www.pro-dx.de)