

# Effiziente Wärmepumpentechnik

Autoren: Manfred Kuhnle Berlin,  
Firma ITEC Entwicklungs- und Vertriebsgesellschaft mbH,  
Produzent der KÖNIG-Wärmepumpen

Jürgen Strebe  
Firma Pumpen-Strebe Hersteller Venturi-Edelstahlsonden-Systeme

*Wärmepumpen werden zunehmend in allen Gebäudeanwendungen eingesetzt. Mit einer Wärmepumpe beginnt die Basis für die Zukunft. Wärmepumpen-Nutzer verwenden bereits heute ein ebenso innovatives wie zukunftssicheres Heizsystem. Außerdem profitieren sie von der größeren Unabhängigkeit von fossilen Energiequellen und leisten gleichzeitig einen Beitrag für Umwelt- und Klimaschutz.*

*Ein weiterer Pluspunkt ist die große Auswahl an Wärmequellen: Neben dem Erdboden, dem Grundwasser und der Umgebungsluft können auch Abwasser und Abluft Energie zum Heizen, Kühlen und zur Warmwasserbereitung liefern.*

*Heizen und kühlen mit Wärmepumpen ist klimafreundlich, zukunftssicher und wartungsarm. Betriebskosten werden bis zu 50% reduziert*

## Einleitung

Wärmepumpe setzen sich im Alt- wie im Neubau immer mehr durch. Neben Wohnhäusern auch zunehmend bei gewerblichen und kommunalen Gebäuden, Industrieproduktionshallen, Lagerhallen, Büros bis hin zu Einkaufszentren und Krankenhäuser. Auch die zeitnahe oder zeitgleiche Nutzung von Wärme und Kälte in Industrieprozessen und komplexen Gebäudenutzungen bringt mit dem Einsatz von Wärmepumpen Nutzungsvorteile und kurzzeitige Amortisationen.

## Umwelt

Wärmepumpen arbeiten bis zu 75 Prozent mit erneuerbarer Energie aus dem Erdreich, der Luft oder dem Wasser – im Fachjargon bezeichnet man diese drei Energiequellen als Geothermie, Aerothermie und Hydrothermie. Bei allen drei Wärmequellen stammt der Großteil der Energie aus der Umwelt. Die Wärmepumpe kommt zum Einsatz, weil die erneuerbaren Energiequellen nicht direkt die nötige Temperatur liefern. Daher müssen Wärmepumpen die Energie auf das für Raumheizung und Warmwasserbereitung erforderliche Temperaturniveau anheben – daher erklärt sich auch die Bezeichnung „Wärme-Pumpe“.

## Wärmequellen gibt es überall

Bei der Geothermie bzw. Erdwärme handelt es sich um die unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Wärme, die der Erde entzogen werden kann. Man unterscheidet zwischen oberflächennaher (bis max. 400 Meter) und tiefer (ab ca. 400 Meter) Geothermie. In 5 bis 10 Metern Tiefe entspricht die im Boden gemessene Temperatur praktisch der Jahresmitteltemperatur des jeweiligen Standortes – in Deutschland sind das meistens zwischen 8 und 10 °C. Dies ist für das Heizen mittels Wärmepumpe ausreichend.

*Die Tiefengeothermie nutzt die Erdwärme in den tiefer als 400 Meter liegenden Schichten zur Stromerzeugung. Dazu wird keine Wärmepumpe eingesetzt. Diese Technik ist nur an geologisch günstigen Orten wirtschaftlich möglich.*

Wird Energie aus dem Grundwasser genutzt, spricht man von Hydrothermie. Hierbei wird Erdwärme durch die Förderung oder Zirkulation von Wasser (Grundwasser, Formationswasser) bzw. Wasserdampf entnommen. Auch die im Abwasser gespeicherte Wärme kann man so nutzen.

Als dritte Wärmequelle steht schließlich die Außenluft bzw. Aerothermie zur Verfügung. Außenluft kann extrem einfach und nahezu überall erschlossen werden – hierfür sind im Gegensatz zu den beiden anderen Wärmequellen auch keine Bohrungen oder Erdarbeiten notwendig. Die Außenluft kann auch noch bei minus 20 Grad Celsius mithilfe einer Wärmepumpe zum Heizen genutzt werden.

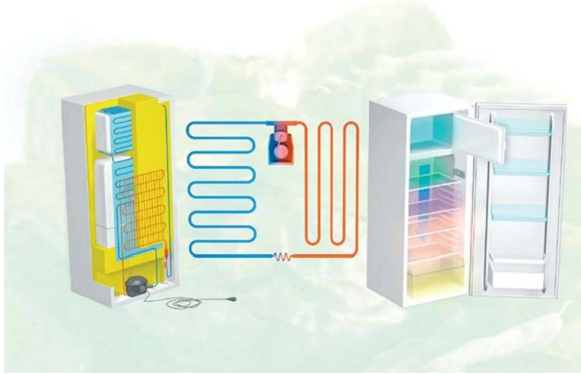
## Gleiche Technik wie Kühlschrank

Der Kühlschrank, den wir alle täglich nutzen, hat vergleichbare Einbauteile, nur alles wesentlich kleiner. Die „Wärmequelle“ ist der Kühlschrank-Innenraum. Durch die in den Wänden befindlichen Rohren, wird den Lebensmitteln die Wärme entzogen. Die erzeugte Wärme gibt der Kühlschrank auf der Rückseite über einen Wärmetauscher „Kondensator“ ab.

Wärmepumpen entziehen dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Luft Wärme und geben diese an das Wasser in den Heizkörpern, die Fußbodenheizung oder das Trinkwarmwasser ab. Damit

arbeitet die Wärmepumpe genauso wie jeder Kühlschrank.

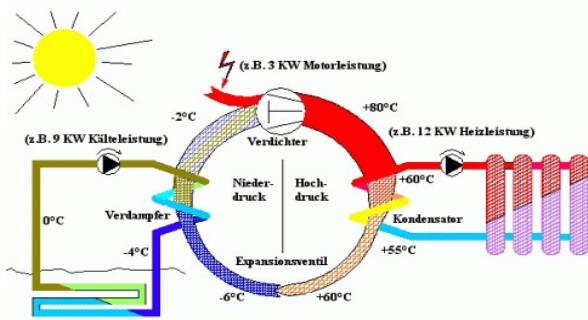
Die Wärme, die der Umgebung entzogen wird, wird dabei von der Wärmepumpe durch Druckdifferenz auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Aus diesem Grund kann beispielsweise eine Luft-Wasser-Wärmepumpe auch im Winter bei niedrigen Außenlufttemperaturen noch heizen oder Warmwasser erzeugen.



Die Wärmepumpenheizung besteht im Prinzip aus 3 in sich geschlossenen Kreisläufen:

- Der Wärmequellenkreislauf
- Der Kältekreislauf (die Wärmepumpe)
- Der Heizkreislauf (Wärmesenke)

Die Wärmepumpe ist im Vergleich zu einem „Heizkessel“ kein Energieerzeuger, sondern ein intelligenter Manager zwischen Wärmequellen- und Heizkreislauf. Die Effizienzbeeinflussung ist deshalb nur zum Teil bei der Wärmepumpe. Wesentlich entscheidender ist die ideale Planung und Ausführung der anderen beiden Kreisläufe.



### Wärmequelle plus Antriebsenergie summiert sich zur Heizwärme.

Aus bis zu 75 Prozent kostenloser Umweltwärme und rund 25 Prozent Antriebsenergie erzeugen Wärmepumpen die Wärme, die man zum Heizen und zur Warmwasserbereitung benötigt. Das Verhältnis zwischen Umgebungswärme und Antriebsenergie drückt sich in der Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe aus. Je höher diese Zahl, desto größer ist der Anteil der kostenlosen Umweltenergie und desto weni-

ger Antriebsenergie wird benötigt. Hierfür sollte die Wärmequellen-Temperatur hoch und die Vorlauftemperatur der Heizungsverteilung niedrig sein. Eine Jahresarbeitszahl von 4 bedeutet zum Beispiel, dass aus 1 Einheit Antriebsenergie und 3 Einheiten Erd- oder Umweltwärme 4 Einheiten Heizwärme entstehen.

### Bewährte Technik

Die Entwicklung der Wärmepumpentechnologie geht bis ins 19. Jahrhundert zurück: Der Franzose Carnot veröffentlichte 1824 erste Grundsätze zum Wärmepumpenprinzip. Gut 100 Jahre später gingen in Zürich die ersten größeren Wärmepumpenanlagen zur Beheizung von Gebäuden in Betrieb. In der Zeit der ersten „Ölkrise“ wurden Anfang der 70er Jahre bis zu 3.000 Wärmepumpen pro Jahr in Deutschland installiert. Seitdem haben sich Wärmepumpen zur Raumheizung und für die Warmwasserbereitung zu einer ebenso zuverlässigen wie umweltfreundlichen Heizungsvariante entwickelt. Heute sind wir bei jährlich etwa 50.000 Wärmepumpen-Installationen. Das breite Vertrauen in die Wärmepumpe und ihre Etablierung schlägt sich auch in Zahlen nieder: Insgesamt sind in Deutschland rund 380.000 Wärmepumpen installiert. In den letzten Jahren werden zunehmend in großen Gebäudekomplexen Wärmepumpen eingesetzt.

### Wärmequellen-Bezeichnung

Wärmepumpen lassen sich nach der genutzten Wärmequelle einteilen. Analog zu den drei Wärmequellen Erdreich, Grundwasser oder Luft unterscheidet man demnach zwischen Sole/Wasser-, Wasser/Wasser- und Luft/Wasser Wärmepumpen. International festgelegt sind die Bezeichnungen für die Wärmequelle vor Schrägstrich/Wärmenutzung nach Schrägstrich in Englisch, bei COP-Nennung mit Parameter-Angaben: Bine/Water = B0/W35, Water/water W10/W35, Air/Water A2/W35.

### Erdwärme

Erdwärme kann man mithilfe verschiedener Typen erdgekoppelten Wärmepumpen erschließen mit vertikalen Erdwärmesonden oder horizontalen Erdkörbe, Erdwärmekollektoren oder Energieschlangen. Alle Techniken machen sich dabei die oberflächennahe Geothermie – Wärmeentzug aus der unmittelbaren Umgebung zu Nutzen.

Erdgekoppelte Anlagen werden nach der Wärmeträger-Flüssigkeit als Sole/Wasser-Wärmepumpen bezeichnet. Bei Erdwärmesonden fließt das frostsichere Arbeitsmittel, das dem Erdboden Wärme entzieht, durch U-förmige Kunststoffrohre oder Edelstahlrohre in einem

senkrechten Bohrloch. Dadurch benötigen sie nur wenig Fläche. Der Bohrl Lochdurchmesser ist etwa so groß wie eine CD. Da ab einer Tiefe von etwa 15 Metern die Temperatur das ganze Jahr über nahezu konstant ist, ist die Erdwärmesonde insbesondere im Winter bei tiefen Temperaturen sehr effektiv und gut für den Betrieb ohne Zusatzheizung geeignet. Die Tiefe der Sonde hängt vom Wärmebedarf und der Wärmeleitfähigkeit des Bodens ab.

Besonders effektiv ist der Einbau von Metallsonden im ersten Schichtenwasser oder Grundwasserleiter. Auch ein angrenzender See ein Fluss oder Bachlauf ist ein hervorragender Energielieferant.

Aufgrund des Grundwasserschutzes wird in den meisten Bundesländern seit 2010 über wiegend nur noch bis in Tiefen des ersten Wasserleiters genehmigt. Dies können je nach Standort 50 oder 15 m Tiefen sein. Hier ist es schwierig auf kleiner Grundfläche genügend Leistung zu erzielen. Deshalb sind nun Systeme mit besseren Leistungen gefragt. Eines davon ist eine speziell entwickelte Edelstahlsonde, die im Koaxialverfahren arbeitet und gleichzeitig ein Verwirbelungssystem nach Venturi eingebaut hat.

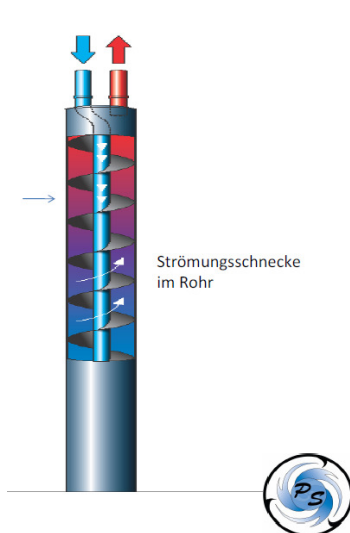


Bild Pumpen-Strebe: Koaxialsonde aus Edelstahl

Damit lassen sich durchweg doppelte Leistungen je m Sondenlänge erzielen.

Im Sommer eignen sich Erdwärmesonden auch sehr effektiv zur passiven Kühlung. Außer in Wasserschutzgebieten können Sonden fast überall eingesetzt werden – in diesen Gebieten arbeitet man dagegen in der Regel problemlos mit Erdwärmekollektoren aus Kunststoff oder Metall. Die erforderlichen Genehmigungen besorgt normalerweise der Bohrunternehmer oder ein Fachingenieurbüro für Geologie/Hydrologie.



Abteufen einer Edelstahlsonde (Foto Pumpen-Strebe)

Kollektoren arbeiten mit einem waagrecht unter der Frostgrenze verlegten Rohrsystem – in der Praxis bedeutet das eine Tiefe von rund 1 bis 1,5 Metern. Die dafür benötigte Fläche darf nicht versiegelt oder überbaut werden, da der Boden die Wärme aus. Eine Besonderheit ist die Energieschlange. Hier werden Rohrbündel von 4 x40 mm Rohren in Gräben unter der Frostgrenze mit mindestens 2 m Abstand eingetäuft. Der Vorteil liegt vor allem im Komplettsystem mit Oberflächenwasser-Befeuchtung über ein spezielles Drainrohr sowie die Möglichkeit mit der Energieschlange zusätzlich solare Wärme über thermische Solaranlagen im Boden zu speichern. Bei dieser Anwendung wird durch die Regenwasserbefeuchtung eine Erdaustrocknung um die Rohre verhindert und damit der Wärmeübergang ständig optimiert.

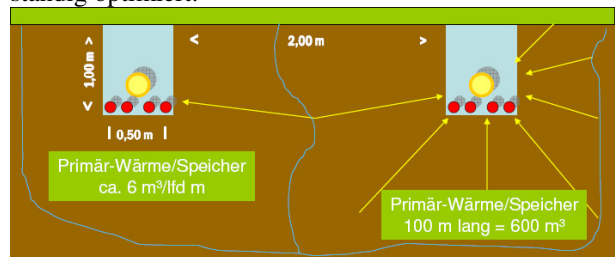
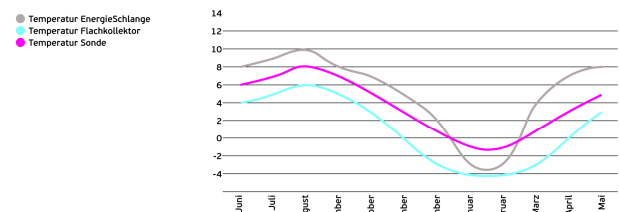


Bild: Geothermie Steinberg - Energieschlangen



Typischer Temperaturverlauf von Erdwärmesysteme

Erdwärmekollektoren und Energieschlangen sind lediglich anzeigepflichtig. Durch den geringeren Aufwand spart man für die Wärmequellen-Erschließung im Vergleich zu einer Erdwärmesonde etwa die Hälfte der Kosten.

## Grundwasser

Wenn Grundwasser in ausreichender Menge, Temperatur, Qualität und in einer möglichst geringen Tiefe vorhanden ist, kann man diese Wärmequelle mit einer Wasser/Wasser-Wärmepumpe sehr wirtschaftlich nutzen: Selbst an den kältesten Tagen liegen die Grundwasser-Temperaturen konstant bei rund 10 Grad Celsius. Das Wasser gelangt über einen Förderbrunnen zur Wärmepumpe. Diese entzieht Wärme und wird anschließend über einen Schluckbrunnen wieder in das Grundwasser eingeleitet. Im Sommer kann man auch mit dieser Technik sehr energiesparend passiv kühlen.

Diese Wärmequelle bedingt grundsätzlich einer Genehmigung sowie einen verhältnismäßig großen Anteil von Hilfsenergie für die Wasserpumpen. Daher lohnt sich eine Wasser/Wasser-Lösung bei kleinen Objekten mit geringer Bohrtiefe und insbesondere für größere Objekte mit einem hohen Heiz- und Kühlbedarf.

## Außenluft und Abluft

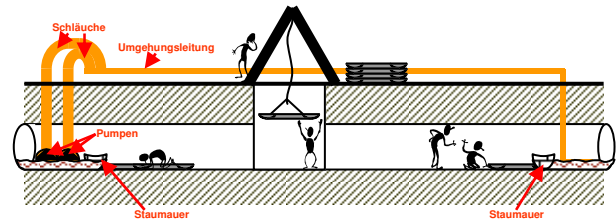
Außenluft als Wärmequelle kann extrem einfach und nahezu überall erschlossen werden – hierfür sind keine Bohrungen oder Genehmigungen notwendig. Bei hohen Außentemperaturen arbeitet die Luft/Wasser-Wärmepumpe besonders effektiv. Das ist ideal für die Warmwasserbereitung im Sommer oder bei der Wärmequelle Abluft, die konstant hohe Temperaturen liefert. Da die Temperaturen der Außenluft im Winter – also zu Zeiten des größten Heizbedarfs – relativ niedrig liegen, arbeitet eine Luftwärmepumpe etwas weniger effizient als erdgekoppelte Systeme und benötigt etwas mehr Antriebsenergie. Allerdings spart man durch den geringeren Bauaufwand wiederum Investitionskosten.

## Energiequelle: Abwasser

Wasser/Wasser-Wärmepumpen können aber nicht nur das Grundwasser, sondern auch Abwasser als Wärmequelle nutzen. Abwasser ist eine Wärmequelle mit großem Potenzial – liegt die Temperatur doch ganzjährig oft deutlich über der anderer Wärmequellen. Besonders gut lässt sich Abwasser als Wärmequelle in Ballungsgebieten erschließen.

Ein Hauptabwasserkanal ist zur Nutzung von Abwasser als Energiequelle sehr interessant und wirtschaftlich. Jeder Mensch führt etwa 130 Liter (Dusche, Waschmaschine, Toilette, Schmutzwasser etc.) in die Abwasserkanäle unserer Städte. Die Temperatur dieses Wasser beträgt annähernd 20 °C. **Es fließt andauernd, zu jeder Jahreszeit, in jeder Sekunde.** 5000 Menschen (15l/s) entsprechen ca. einer Energie von 70kW. Daraus lässt sich eine Heizleistung von ca. 85 kW erzeugen. Für eine rationelle Installation gibt es Edelstahl-Wärmetauscher-

Systeme für nachträgliche Kanalinstallation. Kanalreinigungsarbeiten sind später genau so möglich, wie wenn die Wärmetauscher nicht eingebaut wären.



Abwasserkanal-Wärmetauscher-Montage

## Der Einbau einer Wärmepumpe ist zukunftsorientiert und wirtschaftlich.

An erster Stelle steht für viele Kunden die Umweltfreundlichkeit – vor allem im Vergleich zu den konventionellen Wärmeerzeugern Öl und Gas. Außerdem bieten Wärmepumpen ein hohes Maß an Komfort, indem sie nicht nur als Heizung fungieren, sondern auch zum Kühlen, zur Warmwasserbereitung sowie in Verbindung mit einer kontrollierten Wohnungslüftung genutzt werden können. Darüber hinaus sind sie extrem wartungsarm. Ein weiterer Pluspunkt: Die Nutzer einer Wärmepumpe sind dank dieser Technologie schon heute auf die gesetzlichen und technischen Anforderungen von morgen eingestellt und brauchen sich auch über endliche Energieträger keine Sorgen mehr zu machen. Denn die Wärmepumpe arbeitet unabhängig von Öl und Gas, wodurch sich für Wärmepumpenbesitzer die Frage nach der Verfügbarkeit dieser Brennstoffe nicht mehr stellt. Somit bieten Wärmepumpen langfristige Versorgungssicherheit.

## Umweltfreundlichkeit

Fossile Energieträger stehen nicht unendlich zur Verfügung und ihre Verbrennung setzt zudem klimaschädliches CO<sub>2</sub> frei. Daher müssen wir mit Energie sparsam umgehen.

Bereits mit dem derzeitigen Strommix spart eine Wärmepumpe im Vergleich zu einem alten Ölkessel ab einer Jahresarbeitszahl von 2,0 Primärenergie ein. Ab einer JAZ von 3,8 benötigt sie sogar weniger als die Hälfte der Energie. Ohne jegliches Zutun der Wärmepumpenbetreiber wird dieser Vergleich in der Zukunft noch günstiger ausfallen können – Gründe dafür sind die energiesparendere Stromerzeugung durch effizientere Kraftwerke und ein deutlich höherer Anteil der Nutzung von erneuerbaren Energiequellen. Dies belegt eine Studie der TU München (TUM) aus dem Jahr 2009 zum Thema „Energiewirtschaftliche Bewertung der Wärmepumpe in der Gebäudeheizung“.

Schon heute sparen Wärmepumpen ab einer JAZ von mehr als 2,0 im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen CO<sub>2</sub>-Emissionen ein. (Quelle: BWP, Daten TU München) Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen unterschiedlicher Heizsysteme für das Jahr 2008.

Nicht nur in Bezug auf den Verbrauch an Primärenergie, sondern auch bei der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigen sich Wärmepumpen umweltfreundlicher als konventionelle Heizsysteme: Laut der TUM-Studie spart eine Wärmepumpe ab einer Jahresarbeitszahl von 2,0 nicht nur Primärenergie, sondern senkt auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Bei einer Jahresarbeitszahl von 4,0 sinken die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Hälfte im Vergleich zu einem Gas-Brennwert-Heizsystem. Dass diese Werte bereits heute erreichbar sind, zeigt der 2006 gestartete Fraunhofer-Feldtest: Bei Luft-Wärmepumpen im Neubau ermittelte der Feldtest eine durchschnittliche JAZ von 3,0. Gut geplante und fachmännisch installierte Erdwärmepumpen erreichten im Durchschnitt sogar Jahresarbeitszahlen von 3,8 – viele der Systeme lagen bei über 4.

## Stromversorgung in Deutschland

In Anbetracht der „Energiepolitik nach Japan“ wird smart grid (Intelligente Stromversorgung) insbesondere im Verbund mit Nahwärmeversorgung schneller Einzug halten. Wärmepumpen sind dabei ein idealer Part. Mit Wärmepumpen lässt sich in den Gebäuden eine bedingte Energiespeicherung realisieren. Kurze Stromtransportwege von BHKW's als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zur Stromnutzung der Wärmepumpen bringen zusätzliche Primärenergieeinsparungen. Die Dezentralisierung der Stromversorgung kann durchaus die Privatisierung mit mehr Unabhängigkeit der beherrschenden Energiewirtschaft beschleunigen und damit mit mehr Wettbewerb langfristig lukrative Strompreise sichern.

## Mehr als eine Heizung

Schließlich ist die Wärmepumpe auch sehr gut für die Kombination mit Solarthermie oder Photovoltaik geeignet. Solarthermie kann zur Unterstützung der Wärmepumpe beim Heizen und der Warmwasserbereitung genutzt werden. Nutzt der Hausbesitzer seinen über eine Photovoltaikanlage erzeugten Strom selbst, erhält er hierfür einen zusätzlichen finanziellen Bonus im Rahmen der EEG-Umlage – dies ist für Wärmepumpenbesitzer besonders interessant. Schon heute auf die Anforderungen von morgen eingestellt Seit dem 25. Juni 2009 ist die europäische Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus Erneuerbaren Quellen (EE-RiLi) in Kraft. Sie legt rechtsverbindlich fest, dass in Europa bis 2020 mindestens 20 Prozent des Bruttoendenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen stammen müssen – die Wär-

mepumpen wird darin mit den drei Wärmequellen Erde, Wasser und Luft als erneuerbare Energie anerkannt.

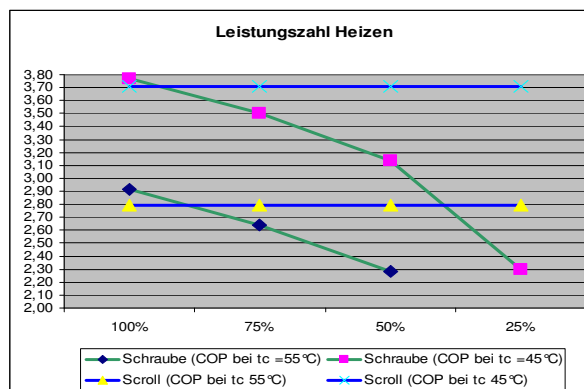
## Grosswärmepumpen-Technik

Wärmepumpen sind für langlebige und wirtschaftliche Betriebsweise ausgelegt. Eine kurze Amortisation ist für Investoren wichtig und setzt hohe Betriebssicherheit mit abgestimmten Komponenten voraus. Bei alleiniger (monovalent) oder überwiegender Deckung bivalenter Anlagen werden Wärmepumpen selten mit voller Leistung beansprucht - werden also überwiegend in Teillast gefahren. Die Teillasten bewegen sich je nach Gebäudenutzung und Einsatz sehr oft bei 25% bis 50%. Schrauben-Kompressoren haben den Vorteil, dass sich große Leistungen leistungsangepasst regeln lassen. Wie die nachstehende Grafik zeigt (Leistungszahl heizen/Kompressordaten), sind Schraubenverdichter bei Vollast sehr wirtschaftlich. Dipl.-Ing. René Rademacher, Chefkonstrukteur KÖNIG-Wärmepumpen, hat sich für stufengesteuerte Scroll-Kompressor-Technik entschieden. Er fährt mit seiner **Stufentechnik eine Effizienz-Verbesserung** bei 4 Stufen bis zu 20% und bei 7-Stufen-Anlagen bis zu 30% bei 50% Teillast.



KÖNIG-Großwärmepumpe mit Stufentechnik

KÖNIG-Großwärmepumpen werden in Leistung und Ausstattung jeweils dem Projekt angepasst hergestellt. Die Regelungstechnik wird entweder einer GLT untergeordnet oder übernimmt die Gesamtanlagensteuerung auch bis hin zu modulierenden Gaskesselanlagen im bivalenten Betrieb. Für Contracting-Anlagen werden in den Wärmepumpen zusätzlich alle Umwälzpumpen und Umschaltventile für die hydraulischen Funktionen eingebaut. Damit ist eine klare Schnittstelle bereits vorgegeben.



Kompressor-Effizienzvergleich Teillast

## Effizient Heizen und Kühlen Beispiel PV-Fabrik Fürstenfeldbruck

Fabrik (PV-Anlagenherstellung) und Verwaltung. Bauzeit März 2008 bis Dezember 2009. In der Gebäudenutzfläche mit 16.000 m<sup>2</sup> besteht ein jährlicher Wärme- und Kältebedarf von 2.200 MWh bei jährlichem Primärenergieverbrauch von 977 MWh. Im Vergleich zu einer modernen Gasheizung mit Kompressionskälte wurde eine Betriebskosteneinsparung von ca. € 56.000,- berechnet.

Die Wasser/Wasser-Wärmepumpen-Anlage besteht aus drei 3-stufigen KÖNIG-Großwärmepumpen mit jeweils 309 kW Heizleistung. Mit der 9-stufigen Leistungsanpassung werden alle Teillaststufen optimal und mit jeweils maximaler Effizienz gefahren. Die sehr groß dimensionierten 100 % Edelstahl-Wärmetauscher verbunden mit elektronischen Expansionsventilen und optimaler Steuerungstechnik bietet ein Hoch-Effizienzsystem mit absoluter Betriebssicherheit.

Eine Passiv-Kühlung mit 3 x 300 kW wird durch leistungsfähige Edelstahlwärmetauscher betrieben und bietet damit einen wichtigen Beitrag zur weiteren Effizienzsteigerung. Die zusätzliche reversible Wärmepumpen-Ausstattung bietet auch für die Kühlung eine konstante Betriebssicherheit. 6 Koaxial-Brunnen bei einer Grundwassertemperatur von 8-12°C gespeist.



PV-Fabrik Stangl Fürstenfeldbruck

### Heizen monovalent

Vorlauftemperatur 35°C,  
Heizleistung: 927 kW  
Leistungszahl (COP) Wärmepumpe 6,0  
Nenn-Leistungsaufnahme Wärmepumpe: 155 kW

### Kühlen monovalent

Vorlauftemperatur 16 °C  
Kühlleistung: 900 kW  
Leistungszahl Kühlung: 27  
Nenn-Leistungsaufnahme Kühlung: 33 kW

### Wirtschaftlichkeit

Mehrkosten der Anlage ca. € 260.000,-  
Betriebskosteneinsparung ca. € 56.000,-/a  
Wirtschaftliche Amortisation ca. 4,6 Jahre  
Betriebszeit der Wärmepumpenanlage ca. 25 bis 30 Jahre gegenüber herkömmlichen Anlage 15 bis 20 Jahre

### Umweltschutz

CO<sub>2</sub> – Einsparung 263 Tonnen/a  
In 25 Jahren 6.575 Tonnen

## Effizient Heizen und Kühlen Beispiel Rems-Murr-Kliniken

Der Neubau wurde mit einem Energiemix geplant und wird von IMTECH Stuttgart ausgeführt.



Rems-Murr-Kliniken Winnenden

### Projektdaten Neubau 2011

Investitionsvolumen	239 Mio. €
davon Baukosten	180 Mio. €
davon Grundstücke und Erschließung	18 Mio. €
Anzahl Räume	rd. 1.700
Nutzfläche	rd. 34.000 m <sup>2</sup>
Bruttogeschossfläche	rd. 67.500 m <sup>2</sup>
Grundstücksfläche	rd. 12 ha
davon überbaut	rd. 9 ha
Gebäudelänge	rd. 184 m
Gebäudebreite	rd. 121 m
Geschosse (einschl. EG)	4 bzw. 6
Gebäudehöhe	15,7 bzw. 22,5 m

### Auslegung anteilige Geothermie-Anlage

Grundlaststufe für heizen und kühlen ist die Wärmepumpe mit einer Heizleistung von 340 kW, kombiniert mit einer passiven Kühlung 400 kW und aktiver Kühlung 400 kW. Die Jahreslaufzeit ist mit 4.200 Stunden geplant. Damit trägt die Wärmepumpen-Geothermie-Anlage einen maßgebenden Anteil und ist im Verbund mit den BHKW's maßgebend für eine umweltfreundliche Ausgewogenheit.

### Wärmeerzeugung Gebäude

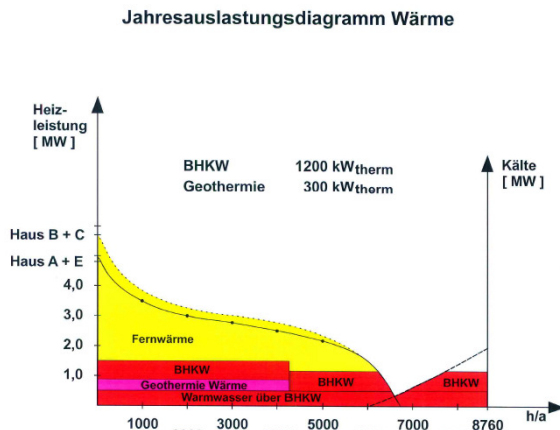
Fernwärme (Spitzenlast)	4600 kW
BHKW	1200 kW
Wärmepumpe	2x 200 kW

Temperaturen heizen 45/35  
Temperaturen kühlen 12/18

### Kälteerzeugung Gebäude

Die Kälteerzeugung erfolgt über Geothermie mit passiver und aktiver Kühlung über die Wärmepumpen-Anlage (reversibel) sowie Kompressions-Kältemaschinen und eine Absorptions-Kältemaschine.

Kompressionskältemaschine	800 kW
Rückkühlung über Hybrid- KT mit Kompressionskältemaschine	1000 kW
Rückkühlung über 2 Hybrid- KT mit Absorptionskältemaschine	400 kW
Rückkühlung über 2 Hybrid- KT mit Absorptionskältemaschine	je 500 kW
Rückkühlung über Hybrid –KT mit Wärmepumpe	2000 kW
	2000 kW
	2 x 200 kW



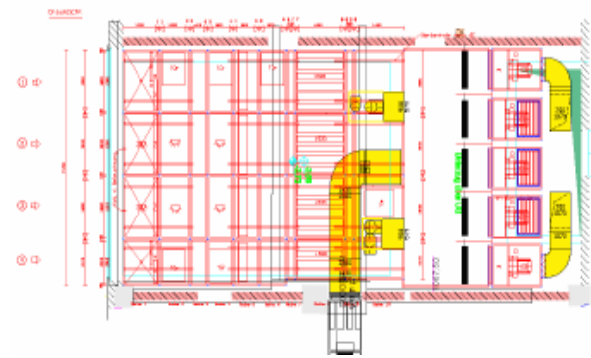
### Effizient Heizen mit Abluftwärme Beispiel Wohnanlage

Das Projekt Matrix Living Berlin wurde 2010 als Wohnanlage komplett saniert. 9.800 m<sup>2</sup> beheizte Wohnflächen mit 43 Wohneinheiten und 3 Gewerbeeinheiten sowie Tiefgarage. Die Anlagenkonzeption umfasst eine Fernheizung zur Spitzenlast, 285 m<sup>2</sup> thermische Solaranlage sowie eine Luft/Wasser-Wärmepumpen-Anlage.



*Wohnanlage Matrix Living Babelsberger Straße Berlin*  
Die Wärmepumpe benötigt bei einer Leistung A2/W35 von 210 kW einen Luftvolumenstrom von 100.000 m<sup>3</sup>/h. Die Abluftmengen der Wohnungen mit 20.000 m<sup>3</sup>/h und Tiefgarage mit 25.000 m<sup>3</sup> werden mit Außenluft 55.000 m<sup>3</sup>/h ergänzt. Aufgrund der hohen Ablufttemperaturen wird die Anlage mit hohen Effizienzen gefahren. Bei Maximal-Betrieb und einer Außentemperatur von -14°C entsteht eine minimale Mischtemperatur von +1°C.

Die Wärmepumpe ist mit einem Spezialverdampfer ausgestattet und an die baulichen Maße angepasst. Im Gesamtsystem übernimmt die Wärmepumpe die Aufgaben heizen, kühlen und Warmwassererwärmung.



Wärmerückgewinnung aus Wohnungen und Tiefgarage

### Danksagungen

Für überlassene Fotos, Daten und Textteile bedanken wir uns beim Fachverband BWP, GeoEn Berlin, Imtech Stuttgart sowie beim Planungsbüro Kosubek Berlin

3 Volumenströme: **Außenluft 55.000 m<sup>3</sup>/h** mit unterschiedlichen Temperaturen, **Tiefgarage 25.000 m<sup>3</sup>/h** mit 16°C und **Wohnungen 20.000 m<sup>3</sup>/h** ständig 22°C.