

Vortrag von Herrn Jörg Prieser auf dem Symposium zu regenerativen Energien auf der Handwerksmesse2006

## Wärmepumpen

Wärmepumpen sind bei dem heutigen Vortrag die vielleicht bekannteste und am häufigsten eingesetzte Variante der alternativen Heizsysteme.

Ich möchte ihnen heute aufzeigen, dass eine Wärmepumpe eine interessante Alternative ist, aber sich auch nicht überall effizient einsetzen lässt.

## Systemunterscheidung

Es gibt verschiedene Arten von Wärmepumpensystemen. Im Prinzip unterscheidet man sie an der Nutzung der Wärmequelle, d. h. woher die Wärmepumpe ihre Energie bezieht. Es gibt die Möglichkeit die **Erdwärme** zu nutzen, über eine Tiefenbohrung oder einen horizontal verlegten so genannten Erdkollektor, das ist die am häufigsten genutzte Variante. Weiterhin kann man die Energie der **Außenluft** nutzen, das **Grundwasser** oder **Prozesswärme**, als rein industrielle Anwendung. Aus Zeitgründen werde ich mich heute auf die Erdwärmepumpe konzentrieren, werde aber nach Bedarf auf die anderen Systeme im Vergleich zurückkommen.

## 3 Kreise

Eine Wärmepumpenanlage, und dort werden die meisten Fehler begangen, muss immer ganzheitlich betrachtet werden, d. h. alle 3 Kreise, die Wärmequelle (Erdreich, Luft, etc.), die eigentliche Wärmepumpe und die Wärmeabgabe (Fußboden- oder Wandheizung). Diese 3 Kreise müssen immer gemeinsam betrachtet werden, da die Effizienz der Wärmepumpe entscheidend von der richtig bemessenen Wärmequelle und von der Wärmeabgabe abhängt. Die Wärmepumpe kann nur so gut arbeiten wie Wärmequelle und Wärmeabgabe bemessen sind.

Und somit bin ich auch schon am heikelsten Punkt angelangt, der Effizienz. Über das Funktionieren der Anlage brauche ich nichts mehr zu sagen, da man das im Prinzip voraussetzen kann, heißt es wird definitiv warm und auch die Warmwasserbereitung funktioniert problemlos. Um nun die Effizienz der Anlage zu betrachten muss ich aber mehr ins Detail gehen, ihren Aufbau, ihre Arbeitsweise.

Eine Wärmepumpe hat eigentlich jeder zu Hause stehen. Den Kühlschrank. Der Kühlschrank funktioniert im Prinzip genauso wie eine Wärmepumpe. Nur nutzen wir hier die Kälte und nicht die Wärme. Das Gefrierfach wird praktisch in die Erde gepackt und das Wärmeregister auf der Rückseite entspricht der Fußbodenheizung. Genauso wie im Kühlschrank haben wir in der Wärmepumpe einen Kompressor, nur um einiges größer. Des Weiteren ein Kältemittel, ein spezielles Gas. In der Wärmepumpe haben wir jetzt noch zusätzlich 2 Wärmetauscher. Einer nimmt die Kälte auf und führt sie in die Erde ab, der zweite nimmt die Wärme auf und führt sie an die Fußbodenheizung ab.

Wie funktioniert nun eine Wärmepumpe. Alle kennen das, wenn man bei einer Fahrradluftpumpe vorne das Ventil zuhält und zudrückt, wird die Luftpumpe warm. Die Luft wird zusammengedrückt und erwärmt sich dabei, ein bekanntes physikalisches Prinzip. Der Kompressor macht mit dem Kältemittel im Prinzip nichts anderes. Er nimmt sich über einen Wärmetauscher die Temperatur aus der Erde z.B. 5°C, presst sie im Kompressor zusammen, nun haben wir beispielsweise 40°C. Diese 40°C werden über den 2. Wärmetauscher an die Fußbodenheizung abgegeben und auf 35°C abgekühlt. Das Gegenteil des Kompressors ist das Entspannungsventil. Das Entspannungsventil bringt nun den Druck wieder auf das ursprüngliche Niveau zurück. Anfangs hatten wir 5°C, da wir aber Energie entzogen haben, kann es jetzt nur weniger sein, d. H. 0°C. Diese 0°C werden jetzt vom Wärmetauscher aufgenommen und in die Erde abgeführt, wo sie sich wieder auf 5°C erwärmt und der Kreislauf beginnt von vorn.

### **Verständnis für Effizienz**

Die Wärmepumpe hat jetzt die Wärme der Erde, auch wenn sie nur 5°C betragen hat auf ein für uns nutzbares höheres Niveau gepumpt, eben eine Wärmepumpe.

Warum bin ich jetzt so sehr ins Detail gegangen? ... Um ihr Verständnis für die Funktion der Wärmepumpe zu entwickeln. Jedes Grad Celsius muss erarbeitet werden. Jedes Grad mehr als nötig kostet mehr Strom. Die Wärmepumpe ist keine Verbrennungsanlage wie bei Gas, Öl oder Holz. Wo ich eine Flamme von 800°C habe und ich für höhere Vorlauftemperaturen der Heizung einfach das Wasser etwas länger über die Flamme halte. Dabei würde sich bei einer Verbrennungsanlage lediglich die Abgastemperatur erhöhen und ich hätte vielleicht 3, 4, 5 % höhere Verluste. Die Wärmepumpe hat dazu im Vergleich 30, 50 % und mehr Verlust. Das bedeutet, eine Wärmepumpe kann um effizient arbeiten zu können, nur an ein Niedertemperatursystem wie eine Fußboden- oder Wandheizung angeschlossen sein. Heizkörper funktionieren auch, die Wärmepumpe schafft auch 60-70°C, aber effizient ist das dann nicht mehr.

### **Zusammenfassung Wärmepumpe**

Ich fasse kurz zusammen. Wir wissen jetzt wie die Wärmepumpe funktioniert. ... hatten wir ja alle in der Schule schon, uraltes Prinzip, kein Problem, wissen auch dass jedes Grad Celsius hart erarbeitet werden muss und ich die Vorlauftemperatur so niedrig wie möglich halten muss.

### **Wärmequelle**

Kommen wir nun zur praktischen Anwendung und wie ich die Wärmepumpe am effizientesten einsetze. Ich benötige für die Wärmepumpe eine Tiefenbohrung oder einen Erdkollektor. Am meisten wird die Tiefenbohrung eingesetzt, dafür werden, nehmen wir mal ein neu gebautes Haus von 150 m<sup>2</sup> an, ca. 120 m Bohrmeter benötigt, meistens sind es 2 Bohrungen a 60 m, 14 cm im Durchmesser. Je nach Bodenbeschaffenheit kann es mehr oder weniger sein. Im Schnitt rechne ich mit ungefähr 70 W Heizleistung pro Bohrmeter. In diese Bohrlöcher werden jetzt Sonden aus HDPE eingeführt. Das sind diese schwarzen Rohre mit dem blauen Streifen, die auch die Wasserwerke für ihre Trinkwasserleitung verwenden. Definitiv lange haltbar und unproblematisch. Oben werden die Sonden in ca. 1 m Tiefe zusammengeführt,

entweder direkt oder noch einmal an einem Verteiler in einem Schacht angeschlossen und lediglich die beiden Vor- und Rücklaufleitungen werden ins Haus an die Wärmepumpe geführt. Dieses System kostet natürlich einiges. Rechnen sie insgesamt bei 120 Bohrmeter mit 5000-7000 € oder ca. 40 € / Bohrmeter zzgl. Anbindung. Es ist aber auch eine einmalige Investition, da die Sonden praktisch nicht verschleifen.

Preiswerter geht es mit einem Erdkollector. Aber sie benötigen, um bei dem 150 m<sup>2</sup> Haus zu bleiben, ca. 180 m<sup>2</sup> Fläche, die nicht überbaut werden und die keine tief wurzelnden Bäume enthalten darf. Außerdem sollten sie, um wirklich Kosten zu sparen die Erdarbeiten in Eigenleistung erbringen, Tiefbau als Fremdleistung ist meist teurer. Der Erdkollector wird dabei in ca. 1,3 – 1,5 m Tiefe verlegt. Das sind dann bei unseren 20 mm Rohren ca. 8-10 Kreise a 75m Länge, die mit 25 cm Abstand verlegt werden. Wer die Möglichkeiten hat, kann richtig Geld sparen. Die Kosten für das Material liegen bei ca. 1500 € zzgl. ihrer Kosten für die Erdarbeiten.

Es ist auch möglich, eine Regen- oder Abwasserversickerung über dem Erdkollector zu verlegen, denn durch die zusätzliche Wasserzuführung regeneriert sich das Erdreich viel schneller wieder.

Schlussendlich werden die Rohre bei der Tiefenbohrung, genauso wie beim Erdkollector, mit einem Glykol-Wasser-Gemisch gefüllt, das nicht einfrieren kann. Im Prinzip nichts anderes als im Kühler ihres Autos. Was die Auslegung der Größe der Tiefenbohrung oder des Erdkollectors betrifft, sollte dies unbedingt ein Fachmann tun. Denn eine zu klein ausgelegte Wärmequelle kann die benötigte Leistung nicht liefern und bricht bei Belastung temperaturseitig zusammen. Das kann, trotz Frostschutz, bis zu Frostschäden am System gehen.

## **Wärmeabgabe**

Kommen wir jetzt zur Wärmeabgabe. In aller Regel ist das die Fußbodenheizung oder die Wandheizung. Wie ich anfangs schon bemerkte sind Heizkörper theoretisch möglich, aber nicht sehr effizient, denn 35°C Vorlauftemperatur sollten nicht überschritten werden und dass ist mit Heizkörpern nicht machbar. Beide Augen zugeedrückt kann man auch 45°C Vorlauftemperatur noch akzeptieren, aber bitte nicht mehr.

Zurück zur Fußbodenheizung und Wandheizung. Zum Großteil wird die Fußbodenheizung bevorzugt. Wandheizung ist zwar im individuellen Empfinden angenehmer aber auch um einiges teurer, so dass sie eigentlich nur in der Sanierung von Altbauten eingesetzt wird wenn eine Fußbodenheizung aufgrund der beschränkten Deckenlast nicht machbar ist.

Zur Fußbodenheizung. Die sollte möglichst geringe Verlegeabstände aufweisen, im Durchschnitt 10 cm und mit einem Estrich vergossen werden. Fermacell- Platten sind weniger geeignet, da sie schlechter Wärme speichern und weiterleiten können. Zu beachten ist außerdem der Bodenbelag. Fliesen und Naturstein sind am besten geeignet. Auslegware, Parkett, Kork (dünn und aufgeklebt) geht auch noch. Laminat bitte nicht lose auflegen und schon gar nicht den berühmten 2 mm Trittschallschutz mitverlegen. Am besten aufkleben wie Parkett oder das neuartige Laminat mit integriertem Trittschallschutz verwenden.

Was im Zusammenspiel mit Niedertemperaturheizung nicht verlegt werden kann sind Dielen. Zu dick, zu weiches Holz, lose aufgelegt, da gibt es keine kraftschlüssige Verbindung mit dem warmen Estrich.

## Zusammenfassung

Jetzt wissen wir wie Wärmepumpe funktioniert, wie die Wärmequelle und die Wärmeabgabe aussehen müssen. Wir wissen das die Wärmepumpe am besten arbeitet wenn die Temperatur aus der Wärmequelle so hoch wie möglich ist und die Vorlauftemperatur der Wärmequelle so niedrig wie möglich ist. Jedes Grad Celsius höhere Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabgabe kostet sie unmittelbar mehr Strom.

## Effizienz

Was kann ich tun um diese Temperaturdifferenz so niedrig wie möglich zu halten.

- keine Nachtabsenkung, die Anlage muss durchlaufen, auch wenn sie am Wochenende mal nicht da sind. (längere Zeiten sprechen für Absenkung)

und da bekomme ich von meinen Kollegen immer stirnrunzeln,

- weitestgehend **keine Einzelraumregelung**. Durch den physikalischen Selbstregelleffekt der Niedertemperatur Fußbodenheizung im Zusammenhang mit guter Wärmedämmung des Gebäudes brauchen sie diese nicht, da es keinen Sinn macht den Durchfluß des Heizmediums im Boden zu unterbrechen wenn ohnehin keine nennenswerte Temperaturdifferenz zum Raum besteht, also kein Energiefluss stattfindet.

Wenn die Anlage die Möglichkeit hat über 24 Stunden hinweg gleichmäßig Wärme zu liefern, wird zum einen auch die Wärmequelle gleichmäßig über den gesamten Tag belastet, sie kann sich immer wieder regenerieren und somit auch höhere Temperaturen liefern und zum anderen wird ihr Haus im Prinzip nicht mehr hoch geheizt, sondern lediglich die Temperatur gehalten. Die Wärmepumpe liefert ihnen jetzt gerade das was notwendig ist, um auszugleichen was gerade in diesem Augenblick durch Fenster, Wände, Türen, Dach verloren geht, Gleichmäßig, automatisch, nach Außentemperatur geregelt, von Herbst über den Winter bis ins Frühjahr. Es ergeben sich durch die geringen Schwankungen hier wiederum die gewünschten möglichst niedrigen Vorlauftemperaturen bei höchstmöglichen Wärmequellentemperaturen.

## Einzelraumregelung

Warum aber keine Einzelraumregelung. Die Wärmepumpe muss die Möglichkeit haben, so viele wie möglich Heizkreise mit der niedrigsten Vorlauftemperatur zu bedienen. Nicht nur einige wenige, das würde bedeuten, dass sie jetzt höhere Vorlauftemperaturen benötigen da auch Wärme über die Innenwände an nicht beheizte Räume abgegeben wird. Also auch untergeordnete Räume wenigstens zum Teil mitbeheizen. Was die Regelung der Temperatur der Räume betrifft, so können sie diese über den hydraulischen Abgleich am Heizkreisverteiler einmalig anpassen. Jeder Raum hat mindestens einen Kreis und verringerter Durchfluss, entspricht

weniger Wärme. Auf diese Art bekommen sie ein ganz normales Temperaturniveau im Haus hin. Bad 23/24°C, Wohnzimmer, Kinderzimmer 22°C, Küche 20°C, Arbeitsraum 16/17°C.

## **Leistungszahl**

Wenn die Wärmepumpenanlage so konzipiert und eingebaut ist erreichen sie, und das sind praktische Werte, im gesamten Jahr für die Beheizung und die Warmwasserbereitung Leistungszahlen von 4,5 – 4,8, d. h. sie setzen 1000 W elektrischen Strom ein um 4500 – 4800 W Wärmeenergie zu bekommen. Aber bitte nur ohne Nachtabenkung und Einzelraumreglung. Im Vergleich die Luft/Wasser-Wärmepumpe nur 3,3 – 3,8. In Geld ausgedrückt sind das bei einem 150 m<sup>2</sup> Haus ca. 400-450 €/a. weniger als die Hälfte gegenüber Gas und Öl, da dort noch einige Kosten anfallen für den Schornsteinfeger, Wartung und zumindest bei Gas höhere Zählergebühren.

## **Kosten**

Kommen wir zu den Kosten für eine Wärmepumpenanlage. Wieder das 150 m<sup>2</sup> Haus. Im Vergleich zur Gas-Brennwerttherme ca. 4000-8000 € mehr, zur Ölanlage 0-3000 €, Pelletsheizung ähnlich. Zu beachten gebe ich das pro KW mehr Leistung ca. 1500 € dazukommen, das fällt bei anderen Systemen um einiges moderater aus.

## **Einsatz**

Wo setze ich nun die Wärmepumpenanlage am besten ein. Im Ein- bis Zweifamilienhaus- Neubau, da sich dort viele Kosten durch konsequente Planung relativieren lassen. Kleine Häuser, Bungalows bis 100 m<sup>2</sup> aufgrund der hohen Bohrkosten vielleicht eher mit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe, darüber eine Sole/Wasser-Wärmepumpe. In der Komplettanierung, wenn ein Niedertemperatursystem möglich ist, keine Heizkörper. Abraten kann ich nur vom Austausch in bestehenden Objekten mit Radiatorenheizung. Gas- oder Ölanlage raus und Wärmepumpe rein, rentiert sich in aller Regel nicht in absehbarer Zeit

## **Vor- und Nachteile**

Zum Schluss zusammengefasst noch ein paar Vor- und Nachteile von Wärmepumpenanlagen. Die Wärmepumpe ist in der Regel nicht so flüsterleise wie eine Gastherme, klingt in etwa wie ein alter Kühlschrank. Es sind beim Einbau also besondere Schallschutzmaßnahmen erforderlich.

Die Warmwasserbereitung funktioniert problemlos, wenn auch auf Grund der hohen Vorlauftemperaturen nicht so effizient wie im Heizbetrieb. Eine Wärmepumpe kann ist die berühmte „Legionellenschutzschaltung“ nur im Zusammenspiel mit einer zusätzlichen Elektroheizung realisieren. Allerdings ist die für ihre Anlage aus biologischer und physikalischer Sicht nicht notwendig und selbst die deutsche DIN, in

aller Regel sehr hart, schreibt diese für Anlagen bis 400 l Brauchwasserinhalt im Ein- bis Zweifamilienhaushalt nichts vor.

Eine Wärmepumpe kann ihr Haus nicht „mal schnell“ aufheizen. Zum einen Auf Grund der statischen Leistungsabgabe, zum anderen auf Grund der Trägheit der Fußbodenheizung.

Eine Wärmepumpe kann problemlos ohne große zusätzliche Kosten mit einer Naturkühlung ausgestattet werden. Dazu wird im Sommer, vollautomatisch, nach Außentemperatur geregelt, die „Kälte“ aus der Erde in die Fußbodenheizung geleitet, ohne dass der Kompressor arbeitet. Dadurch temperiert es ihr Haus etwas herunter, ca. 2-3°C. das ist keine Klimaanlage, aber im Preis-Leistungsverhältnis, unter Nutzung vorhandener Komponenten eine interessante Systematik.