

Wärmepumpe

Arbeitskreis Schule Energie



Inhaltsverzeichnis:

1	Weltenergieverbrauch	2
2	Wärmepumpe.....	3
2.1	Wärnkraftmaschinen	4
3	Arbeitsweise der Wärmepumpe.....	5
3.1	Die Leistungszahl.....	6
3.2	Betriebsarten	6
3.3	Mögliche Wärmequellen.....	8
3.3.1	Wärmequelle Luft	8
3.3.2	Wärmequelle Wasser	8
3.3.3	Wärmequelle Erdreich.....	9
3.3.4	Wärmequelle Energiepfahl	11
3.4	Aufteilung der Wärmequellen	12
3.5	Kältemittel	12
4	Wärmepumpen in Vorarlberg	14



Auch das Heizsystem der Rudalpe in Lech wurde auf eine Wärmepumpenheizung umgebaut!



1 Weltenergieverbrauch

Da der Weltenergieverbrauch auch in Zukunft steigen wird, ist ein sorgsamer Umgang mit den vorhandenen Energiequellen äußerst wichtig. Fossile Brennstoffe werden bald zurückgehen, egal welcher Prognose man glaubt. Zumindest wird jedoch die Ausbeutung immer schwieriger.

Ein wesentlicher Schritt hin zu erneuerbaren Energiequellen ist der effiziente Umgang mit Energiequellen. Wärmepumpen können heute einen großen Teil des Energiebedarfs für die Raumheizung aus der Umwelt entnehmen, dadurch ist der Einsatz an zu erzeugender Energie (meist elektrischer Energie) wesentlich geringer, als bei anderen Heizsystemen.

2 Wärmepumpe

Heizen mit erneuerbarer Umweltenergie

Wenn es uns gelingen könnte, den Überfluss an Wärme und Sonneneinstrahlung im Sommer für den Winter ‚aufzusparen‘ – unsere Heizprobleme wären um Vieles geringer. Der größte Posten auf unserer jährlichen Energierechnung könnte damit verkleinert werden.

Dieser Gedanke ist gar nicht so utopisch. Die Wärme des Sommers wird sowohl im Wasser als auch im Erdreich gespeichert. Eine Wärmepumpe kann dieses Potential nutzen und die Wärme für uns zugänglich machen.

Das Prinzip der Wärmepumpe ist schon lange bekannt, wir nutzen es auch schon sehr lange: zunächst zum Kühlen mit unserem Kühlschranks und in den letzten Jahrzehnten auch zum Heizen und zur Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe.

1856 wurde die erste Wärmepumpe von einem Österreicher - Peter Ritter von Rittinger in der Saline Ebensee bei der Salzgewinnung eingesetzt.

Heute zählt die Wärmepumpe zu den modernsten und umweltfreundlichsten Heizsystemen, die es am Markt gibt. Ihre Bedeutung in der Zukunft wird von allen Fachleuten für die Raumheizung und Warmwasserbereitung anerkannt.



„Ehe viele Generationen vergehen, wird unsere Maschinerie durch Energie angetrieben werden, die an jedem Punkt im Universum erhältlich ist - es ist nur eine Frage der Zeit, wann der Mensch seine Maschinerie erfolgreich an das Räderwerk der Natur selbst angeschlossen haben wird“ (Nikola Tesla, 1900).

Die Wärmepumpe stellt – neben der Nutzung von Biomasse – die wichtigste ausgereifte Technik für Heizzwecke dar, die einen wesentlichen Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen leistet. Neben dieser Umweltentlastung stellt sie eine Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen dar. Statt zugekaufter Fremdenergie nutzt die Wärmepumpe kostenlose Umweltenergie aus der Sonne oder Abfallenergie aus industriellen und landwirtschaftlichen Prozessen. Als Antriebsenergie dient elektrischer Strom – ebenfalls ein großteils umweltfreundlicher und heimischer Energieträger.

Wärmepumpen bringen dem Benutzer noch weitere Vorteile. Der Platzbedarf ist gering, es werden keine Räumlichkeiten für ein Brennstofflager benötigt. Ein großer Teil der Energie wird von der Natur gratis zur Verfügung gestellt.

2.1 Wärmekraftmaschinen

Wärmepumpen zählen zu den Wärmekraftmaschinen. Wärmekraftmaschinen sind periodisch arbeitende Maschinen, die Wärme zwischen zwei Wärmebehältern mit unterschiedlicher Temperatur transportieren.

Als Motoren (z.B. in Autos) verrichten Wärmekraftmaschinen Arbeit, als Wärmepumpen dienen sie dem Transport von Wärme von kalten zu warmen Körpern. In Wärmekraftmaschinen wird ein Arbeitsmedium (z.B. ein Gas oder eine Flüssigkeit) einer periodischen Abfolge von Zustandsänderungen unterzogen. Nach Durchlaufen eines Zyklus ist das Arbeitsmittel wieder im Ausgangszustand und der Zyklus beginnt wieder mit den gleichen Ausgangswerten des Arbeitsmediums (die Zustandsgrößen Druck, Volumen, Temperatur und innere Energie haben wieder ihre ursprünglichen Werte).

Wärmekraftmaschinen dienen der Energieumwandlung. Die Energie, die von außen in die Wärmekraftmaschine fließt, kommt in umgewandelter Form wieder aus der Maschine heraus.

Wärmekraftmaschinen sind offene Systeme, durch die Energie fließt.

3 Arbeitsweise der Wärmepumpe

Den wichtigsten Beitrag für das Funktionieren einer Wärmepumpe leistet ein Kältemittel, nachfolgend auch Arbeitsmedium genannt. Es hat die Eigenschaft, bei niedrigsten Temperaturen zu verdampfen. Leitet man nun Außenluft oder Wasser zu einem Wärmetauscher (Verdampfer), in dem das Arbeitsmedium zirkuliert, entzieht es dieser Wärmequelle die notwendige Verdampfungswärme und geht vom flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Die Wärmequelle kühlt sich dabei um einige Grad ab. Ein Verdichter saugt das gasförmige Arbeitsmedium an und presst es zusammen. Durch die Druckerhöhung steigt auch die Temperatur - das Arbeitsmedium wird also auf ein höheres Temperaturniveau „gepumpt“. Hierzu ist elektrische Energie notwendig. Da es sich um einen sauggasgekühlten Verdichter handelt, geht diese Energie (Motorwärme) nicht verloren, sondern gelangt mit dem verdichteten Arbeitsmedium in den nachgeschalteten Verflüssiger. Hier gibt das Arbeitsmedium seine gewonnene Wärme an das Umlaufsystem der Warmwasserheizung ab, indem es sich verflüssigt. Anschließend wird mit Hilfe eines Expansionsventils der noch immer vorhandene Druck abgebaut und der Kreisprozess beginnt erneut. Vereinfacht dargestellt arbeiten Wärmepumpen wie Kühlschränke, jedoch mit umgekehrter Wirkung: Der Umwelt wird Wärme entzogen und für Heizzwecke nutzbar gemacht.

3.1 Die Leistungszahl

Für die Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen ist ihre Leistungszahl ε ausschlaggebend. Sie gibt das Verhältnis zwischen der abgegebenen Wärme Q_2 und der zugeführten Arbeit W an:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{W}$$

Energieerhaltungssatz:

$$Q_1 + W = Q_2$$

$$W = Q_2 - Q_1$$

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{Q_2 - Q_1} = \frac{T_2}{T_2 - T_1}$$

T_1 ... Außentemperatur (niedrigere T. in Kelvin)

T_2 ... Innentemperatur (höhere T. in Kelvin)

Q_1 ... aufgewendete Wärme

Q_2 ... abgegebene Wärme

W ... zugeführte Arbeit

ε ... Leistungszahl

Die Formel gibt die ideale Leistungszahl wieder. Ideale Prozesse sind nicht möglich. Die Leistungszahlen für den tatsächlichen Wärmepumpenprozess also inklusive Verluste, werden daher geringer sein. Aufgrund der thermischen, mechanischen und elektrischen Verluste sowie des Energiebedarfs der Hilfsantriebe ist die effektiv erreichte Leistungszahl ε_{real} kleiner als ε .

Für Überschlagsrechnungen kann $\varepsilon_{real} = 0,5 \cdot \varepsilon$ gesetzt werden.

Aus der Formel ist ersichtlich, dass die Leistungszahl umso höher sein kann, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außentemperatur ist.

Wichtig ist, dass die Temperaturen in die Formel in K und nicht in °C eingesetzt werden müssen.

Beispiel für eine Wärmepumpe:

$$T_1 = 8^\circ\text{C} = 273,15 + 8 = 281,15\text{K} \text{ und } T_2 = 35^\circ\text{C} = 273,15 + 35 = 308,15\text{K}$$

$$\text{Daraus ergibt sich } \varepsilon = \frac{T_2}{T_2 - T_1} = \frac{308,15}{27} = 11,43$$

$$\varepsilon_{real} \approx 5,7$$

3.2 Betriebsarten

Der häufigste Einsatz von Heizungswärmepumpen ist im Wohnungsbau in Ein- bis Zweifamilienhäusern.

Bei der Einbindung von Wärmepumpen in das Heizsystem sind verschiedene Strategien möglich:

➤ **monovalenter Betrieb**

In dieser Betriebsform versorgt die Wärmepumpe zu jeder Zeit alleine die Heizung und ggf. auch die Warmwasserbereitung.

➤ **bivalenter Betrieb**

Beim bivalenten Betrieb versorgt neben der Wärmepumpe ein weiterer Wärmeerzeuger, meist ein Öl- oder Gaskessel, die Heizung. Diese Betriebsform war zu Beginn der Wärmepumpenära verbreitet, als man in vorhandene Heizungsanlagen Wärmepumpen (meist mit Luft als Wärmequelle) integrierte, um in der Zeit der Ölpreiskrisen Brennstoffe zu sparen

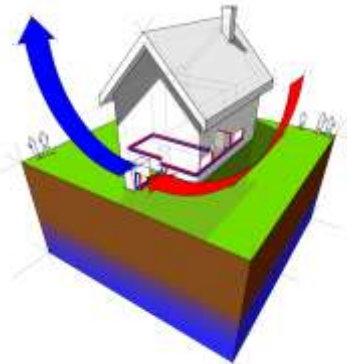
- **bivalent-additiv**: In dieser Variante wird der zusätzliche Wärmeerzeuger zur Wärmepumpe hinzugeschaltet, wenn diese den Wärmebedarf nicht mehr alleine decken kann. Dies ist nur möglich, wenn die höhere Heizleistung bei Vor- und Rücklauftemperaturen geliefert werden kann, die für die Wärmepumpe noch verträglich sind (etwa 55 °C Vorlauf und 40 °C Rücklauf). Manchmal kann man sich auch dadurch behelfen, dass man bei Spitzenlast das Heizsystem in zwei Teile mit unterschiedlichem Temperaturniveau trennt.
- **bivalent-alternativ**: Bei dieser Variante übernimmt der zusätzlich Wärmeerzeuger bei Unterschreitung einer bestimmten Außentemperatur komplett die Wärmeversorgung.
- **monoenergetisch**: Diese Variante wird in der Schweiz häufig eingesetzt, kommt in letzter Zeit aber auch verstärkt in Deutschland zum Tragen. Als zusätzlicher Wärmeerzeuger dient hier eine in Wärmepumpe bzw. Pufferspeicher integrierte elektrische Widerstandsheizung (monoenergetisch bedeutet dann, dass sowohl Wärmepumpe als auch Zusatzheizung mit der gleichen Energie, nämlich elektrischem Strom, betrieben werden).

3.3 Mögliche Wärmequellen

3.3.1 Wärmequelle Luft

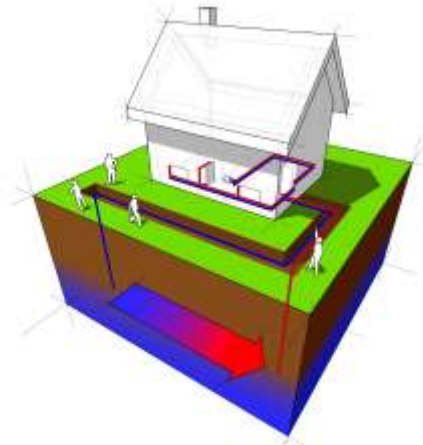
Außenluft wird über einen Wärmetauscher (Verdampfer) geführt, der innen vom Kältemittel durchströmt wird. Dabei entzieht es der Außenluft einen Teil ihrer Wärme und verdampft.

Außenluft-Wärmepumpen eignen sich besonders für den so genannten bivalenten Betrieb: Das heißt, bis zu einer Außentemperatur von etwa -5°C deckt die Wärmepumpe den gesamten Bedarf an Heizenergie, bei extrem niedrigen Außentemperaturen wird ein Zentralheizungskessel dazugeschaltet, oder der Kachelofen wird angeheizt. Auf diese Weise kann der überwiegende Teil des Jahresenergiebedarfes sehr kostengünstig bestritten werden. Die Luft-Wärmepumpe ist das ideale System für den nachträglichen Einbau: Das notwendige „zweite Bein“ - also die Heizanlage - ist ja bereits vorhanden und kann weiterverwendet werden. Diese Art der Wärmepumpe wird in Vorarlberg nicht gefördert, da sie nicht den Effizienzkriterien entspricht.



3.3.2 Wärmequelle Wasser

Grundwasser wird über den Verdampfer einer Wärmepumpe geführt und abgekühlt, die aufgenommene Wärme an das Heizsystem abgegeben. Bei Grundwasser müssen zwei Brunnen gebohrt werden. Einer, um das Grundwasser zu fördern, der andere, um das abgekühlte Wasser wieder dem Boden zuzuführen. Grundwasser ist in der Praxis nicht überall zugänglich. Im Stadium der Planung ist die Genehmigung der zuständigen Wasserrechtsbehörde (1. Instanz: Landeswasserbauamt) einzuholen. Der Abstand zwischen den beiden Brunnen sollte in der Regel ca. 25m betragen, wobei auch noch auf die Fließrichtung des Grundwasserstromes geachtet werden muss. Für ein gut wärmegeprägtes Einfamilienhaus rechnet man mit einem Wasserbedarf von maximal ca. 0,5 l pro Sekunde (ca. 2 Kubikmeter pro Stunde). Der große Vorteil der Grundwasser-Wärmepumpe besteht zweifellos darin, dass sie den gesamten Jahreswärmebedarf allein übernehmen kann ("monovalente Betriebsweise") und dass das Verhältnis Antriebsenergie zu Heizenergie wegen der konstanten Wassertemperatur besonders günstig ist (Temperaturen des Grundwassers liegen auch an den kältesten Tagen bei $+7^{\circ}\text{C}$ bis $+12^{\circ}\text{C}$). Damit lässt sich eine "Arbeitszahl" zwischen 3 und 5 erzielen.

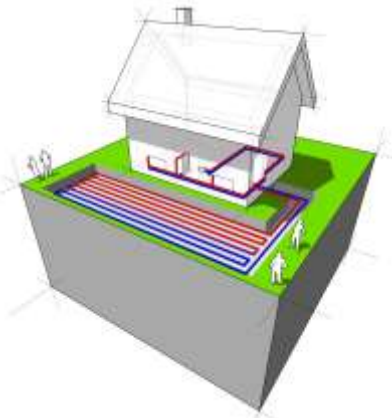


3.3.3 Wärmequelle Erdreich

Wer das Erdreich als Wärmequelle nutzen will (üblicherweise bis in ca. 1,2m Meter Tiefe unter der Frostgrenze), „zapft“ keineswegs „Erdwärme“ an, sondern die Sonne: Das Erdreich fungiert als "Saisonspeicher" für die Wärmemengen, die durch die Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche während des Sommers nach und nach gehortet wurden. Während der Heizperiode kann diese gespeicherte Wärmemenge aus dem Erdreich herausgeholt werden.

- **Flachabsorber**

In ein bis zwei Meter Tiefe werden im Erdreich mehrere hundert Meter lange Rohrschlangen aus Kunststoff oder Kupfer (kunststoffummantelt) "ingesandet" (Platzbedarf: ca. das 2-fache der beheizten Wohnfläche). („monovalenter Betrieb“).



- **Grabenkollektoren**

Anstatt die Rohre flach im Erdreich zu verlegen, können sie auch an den Seitenwänden von rund 3 m tiefen Gräben gelagert werden. Der Vorteil: ein geringerer Platzbedarf.

- **Erdsonden**

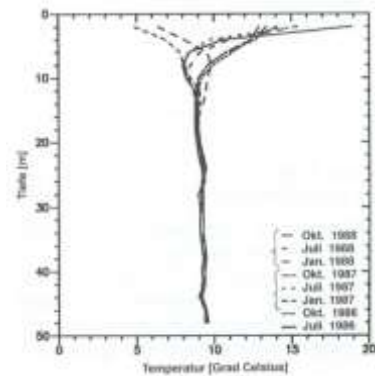
Eine weitere Möglichkeit, „Gratiswärme“ zu bekommen, ist das Niederbringen eines Bohrloches (bis zu 150 m Tiefe). In dieses Loch wird ein Kunststoffrohr eingeschlämmt, in dem wie bei den bisher genannten Systemen Sole oder ein Kältemittel zirkuliert.

Mittels Erdsonde mit einer Tiefe von 150 m kann ein Haus mit einem Heizenergiebedarf von ca. 15.000 kWh pro Jahr geheizt werden. Bei größerem Wärmebedarf werden einfach mehrere Sonden verlegt. Im Durchschnitt hat eine Sonde einen Durchmesser von ca. 20cm und bringt rund 50W/m an Energie. Die Energieaufnahme hängt stark vom umgebenden Material ab (siehe Tabelle).

Bodenbeschaffenheit	Entzugsleistung
Trockene Sedimente	30 W/m
Schlier, Schiefer	55 W/m
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit	80 W/m
Untergrund mit hohem Grundwasserfluss	100 W/m

Vorteile der Erdsonde sind der kleine Flächenbedarf, der schnelle Einbau (Bohrung und Verlegung einer Erdsonde dauert ca. 1 – 2 Wochen) und die Langlebigkeit. Auch Erdsonden sind genehmigungspflichtig!

In der nebenstehenden Abbildung ist sehr schön zu sehen, dass keine Wärme aus dem Erdinneren ange- wird, denn dann müsste die Temperatur mit der steigen. Außerdem ist gut ersichtlich, dass die Temperatur das ganze Jahr über praktisch unver- dert bei ca. 10°C bleibt.



se-
zapft
Tiefe
än-



3.3.4 Wärmequelle Energiepfahl



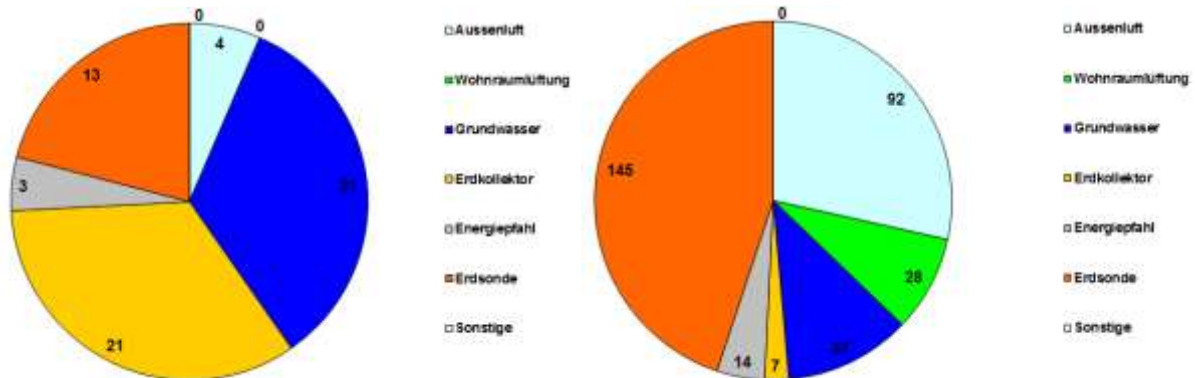
In konstruktiv oft notwendige Fundamente (vor allem bei größeren Häusern und Wohnanlagen) oder Pilotierungen werden Kunststoffrohre einbetoniert, die zu Kreisläufen zusammengeschlossen werden. Über die Betonelemente wird die Wärme dem Erdreich entzogen. Damit erfüllt der Energiepfahl zwei Funktionen, einerseits als statisch notwendiges Bauelement, andererseits als Wärmequelle. Es werden also keine zusätzlichen Bohrungen benötigt!

Ein Beispiel für eine Anwendung der Energiepfähle wäre die Kühlung und Beheizung der Wiener U-Bahnstationen Taborstraße und Praterstern (Linie U2).



3.4 Aufteilung der Wärmequellen

Die Aufteilung der Wärmequellen hat sich in den letzten Jahren sehr stark verändert.



3.5 Kältemittel

Kältemittel und Wärmepumpensystem sind untrennbar miteinander verbunden. Ihr Zusammenwirken beeinflusst maßgeblich die Effizienz und die Wirkung auf die Umwelt.

Bei der Wahl des Kältemittels kommt der Umweltverträglichkeit eine hohe Bedeutung zu – Tendenz stark steigend.

FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoff) ist für Neuanlagen seit 1. 1. 1994 verboten, HFCKW (halogenisierte FCKW) seit 1. 1. 2000. Es stellt sich nun die Frage, ob die als Alternativen akzeptierten Fluorkohlenwasserstoffe (FKW) wirklich hinreichend umweltverträglich sind, oder ob noch einen Schritt weiter zu natürlichen Kältemitteln (Ammoniak oder Kohlendioxid) gegangen werden muss.

In der Wärmepumpentechnik wird die Umweltverträglichkeit von Kältemitteln im Allgemeinen durch die zwei Umwelteinwirkungen **Treibhauseffekt** und **Ozonschichtabbau** beurteilt. Die Kenngrößen dafür sind GWP (global warming potential) und ODP (ozone depletion potential). Im Bild sind die Werte für die bekanntesten Kältemittel gegenübergestellt. Basis ist R11 mit einem ODP-Wert von 1. Das dargestellte GWP ist bezogen auf CO₂ in einem Zeitraum von 100 Jahren.

Überwiegend werden heute die Kältemittel R290 und R407c eingesetzt, wobei besonders R407c an Bedeutung gewinnt.

Eine sehr umfassende Untersuchung zur Umweltrelevanz natürlicher Kältemittel wurde im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie durchgeführt. Dabei wurden erstmals die relevanten Emissionen bei der Produktion von FKW und FCKW und die entstehenden toxischen Abbauprodukte mit einbezogen. Neben der Treibhauswirkung und dem Ozonschichtabbau wurden weitere sechs Umwelteinwirkungen berücksichtigt (Bild auf nächster Seite). Diese wurden für die nachstehenden Teilvorgänge in sehr detaillierter Weise, vom Rohstoff bis zur Entsorgung, inkl. Transport berechnet:

- Kältemittelermission im Betrieb und bei der Kältemittelfüllung (3 % der Füllung)
- Stromproduktion für den Betrieb der Anlage (EU-Strommix)
- Fertigung der Wärmepumpen-Anlage (ab den Rohstoffen)

- Entsorgung der Wärmepumpen-Anlage mit Kältemittelverlust (20% der Füllung)
- Kältemittelherstellung

Die Ergebnisse der Ökobilanzen gelten für eine 7 kW Sole/Wasser-Wärmepumpe. Die natürlichen Kältemittel CO₂ und Propan sowie die FKW-Kältemittel R134a, R404A, R407C und Isceon59 wurden verglichen und dem HFKW-Kältemittel R22 als Referenzkältemittel gegenübergestellt.

Folgerungen:

1) Die Emissionen aus der Erzeugung des elektrischen Stroms sind für die meisten Umwelteinwirkungen dominant. Voraussetzung für den Übergang zu natürlichen Kältemitteln ist deshalb das Erreichen einer vergleichbaren Leistungszahl wie mit den FKWs.

2) Bei vergleichbaren Leistungszahlen und heutigen durchschnittlichen Kältemittelverlusten belasten natürliche Kältemittel die Umwelt weniger als FKW. Sie bewirken bei Wärmepumpen im Bereich 7 kW bis 50 kW Wärmeleistung, Erdboden als Wärmequelle und Jahreskältemittelverluste im Betrieb von 2% bis 8% insbesondere:

- einen geringeren Treibhauseffekt (Reduktion um 5% bis 65%).
- einen geringeren Ozonschichtabbau (Reduktion um 50% bis 80%).

3) Eine wesentliche Verbesserung der Umweltverträglichkeit ist auch bei der Verwendung von FKW's zu erreichen durch:

- Modernisierung der FKW-Produktionsprozesse und
- Reduktion der Kältemittelverluste bei Füllung, Betrieb, Wartung und Entsorgung. Künftiger Zielwert ist ein Kältemittelverlust von 2% pro Jahr.

Quelle: Rolf Frischknecht: Umweltrelevanz natürlicher Kältemittel, Ökobilanzen für Wärmepumpen. Forschungsprojekt des schweizerischen Bundesamtes für Energie, Januar 2000.

4 Wärmepumpen

Vorarlberger Kraftwerke AG, Energieeffizienz und Alternativenergien, Weidachstraße 6, 6900 Bregenz, Tel: 05574 601 - 0

Erstellt durch JAZ AG - Heizenergiebedarf Gebäude

Welches System sich lohnt, zeigt unser Heizkostenvergleich!



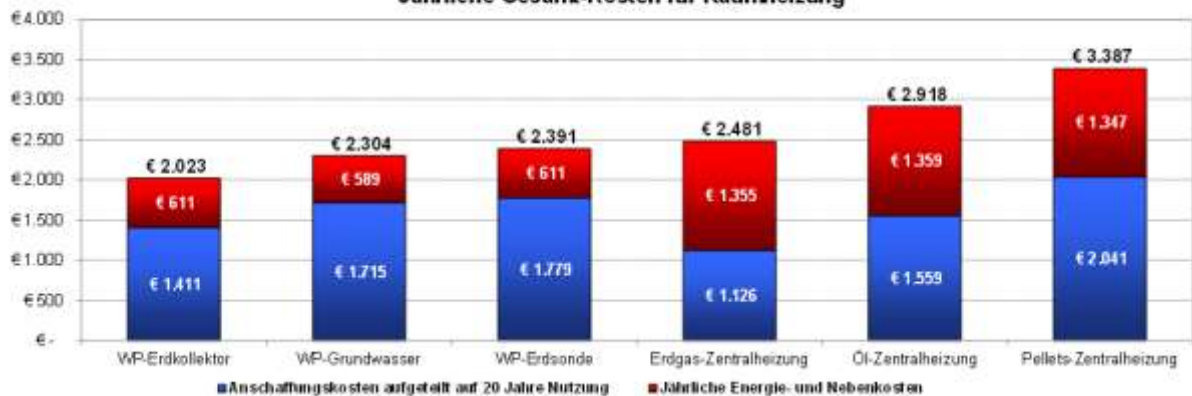
Familie Max Muster, Musterstraße 99, 6850 Dornbirn

Dem Kostenvergleich wird ein Energiesparhaus(50W/m²) mit 130 m² beheizter Wohnnutzfläche zugrunde gelegt.

Die jährlich von der Heizung mit solarer Warmwasserbereitung bereitzustellende Wärme beträgt bei den Zentralsystemen 15625 kWh.

Warmwasserbereitung ganzjährig mit dem Heizsystem oder Solaranlage.

Jährliche Gesamt-Kosten für Raumheizung



Öl- und Pelletsheizung ohne Baukosten für Tankraum bzw. Lagerraum.

Solare Warmwasserbereitung gerechnet bei: Wärmepumpe-, Erdgas-, Öl-, Pellets-Zentralheizung

Bei der WP-Sole wurde eine Arbeitszahl* von 4 angesetzt. Bei der WP-Grundwasser wurde eine Arbeitszahl* von 4,2 angesetzt.

Die Heizsysteme verfügen über einen annähernd gleichen Heizkomfort.

Aktuelle Förderungen berücksichtigt bei: Pellets, Wärmepumpe, Solaranlage

Individuelle Heizgewohnheiten sind nicht berücksichtigt.

Alle Preis- und Kostenangaben einschließlich aller Steuern und Abgaben. VKW Abbucherbonus berücksichtigt!

* Arbeitszahl: Wie viele Kilowattstunden Wärme Sie für eine Kilowattstunde Strom erhalten. * VKW-Wärmestrom: Lieferunterbrechung von 11:00 bis 12:00 Uhr.

* Gas-, Öl-, Pellets-Zentralheizung mit Solaranlage

* Wärmepumpe mit Solaranlage

Bezugsjahr: VKW Edges Standard, Stand 01. Januar 2016. Ölpreis: fast energy, Stand: 15. Januar 2016. Pellets: Heizpellets24, Stand 15. Januar 2016. Strompreis: VKW-Wärmestrom, Stand 01. Januar 2016. Der Betrachtungszeitraum beträgt 20 Jahre, die Anschaffungskosten werden mit einer Kreditverzinsung von 5 % berechnet.

VKW, Alle Daten wurden sorgfältig geprüft. Dennoch kann keine Gewähr für Vollständigkeit, Richtigkeit und Fehlerfreiheit übernommen werden!
18.02.2016



4.1 Wärmepumpen in Vorarlberg

➔ Jedes 3te Einfamilienhaus wird mit Wärmepumpen beheizt!

Impressum:

ASE – Arbeitskreis Schule Energie
Weidachstraße 6
6900 BREGENZ
Tel.: 05574/601-72605
Email: ase@illwerkekw.at