

fhuture

Wärmepumpen als Baustein der Energiewende: Funktionsweise und Einsatzbereiche

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Dipl.-Ing. (FH) Ralf Niesmann

FH Münster
Mitsubishi Electric Europe

Stegerwaldstraße 39 Tel. +49 (0)2551 9-62163
D-48565 Steinfurt

boiting@fh-muenster.de
www.fh-muenster.de

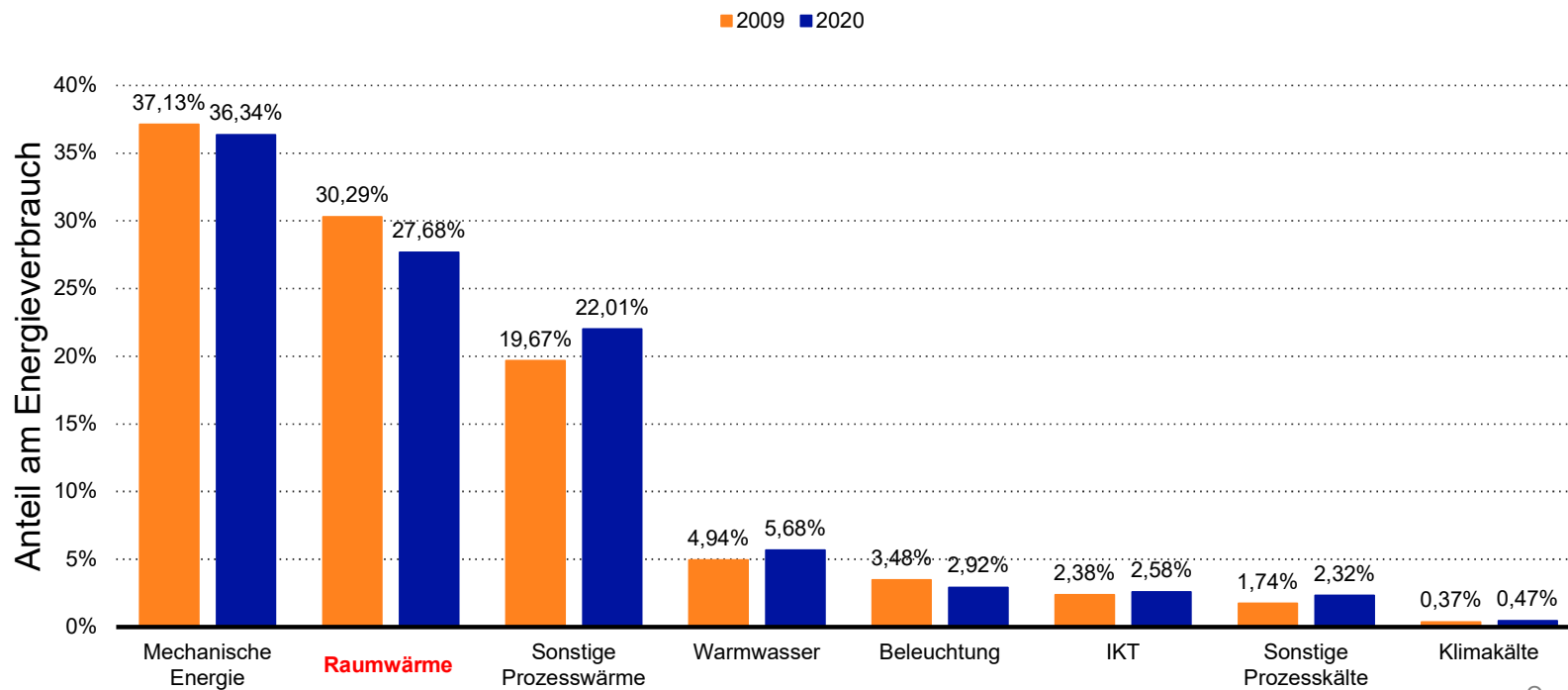


Agenda

- (1) Einführung
- (2) Funktionsprinzip der Kältemaschine/Wärmepumpe
- (3) Wärmequellen für Wärmepumpen
- (4) Einfluss von Betriebsparametern auf die Effizienz einer Kältemaschine/Wärmepumpe
- (5) Heizen und Kühlen durch die Wärmepumpe
- (6) Sanierung von Heizungssystemen mit hohen Systemtemperaturen
- (7) Lessons Learned

Einführung

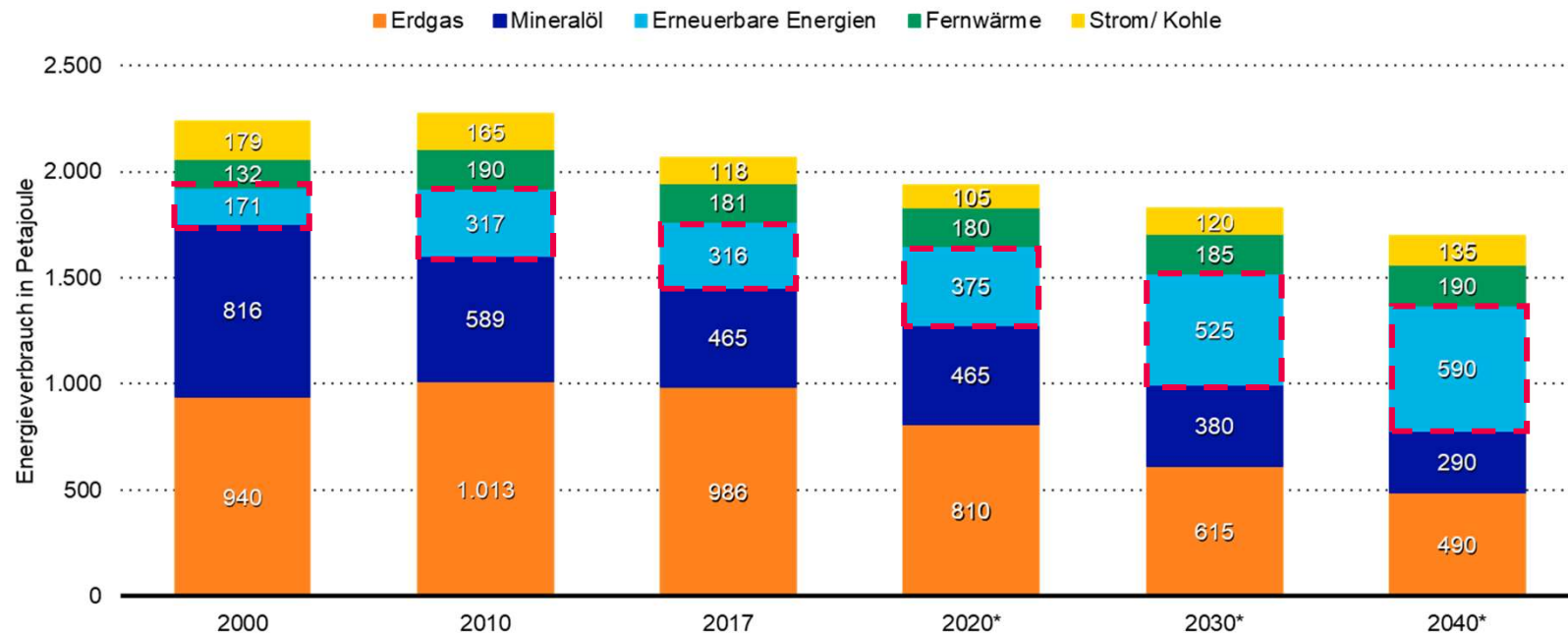
Verteilung des Energieverbrauchs nach Anwendungsbereichen
in Deutschland im Jahresvergleich 2009 und 2020



Quelle: AGEB ID 253748

Einführung

Heizenergieverbrauch der Haushalte in Deutschland nach Energieträger in den Jahren 2000 bis 2040 (in Petajoule)



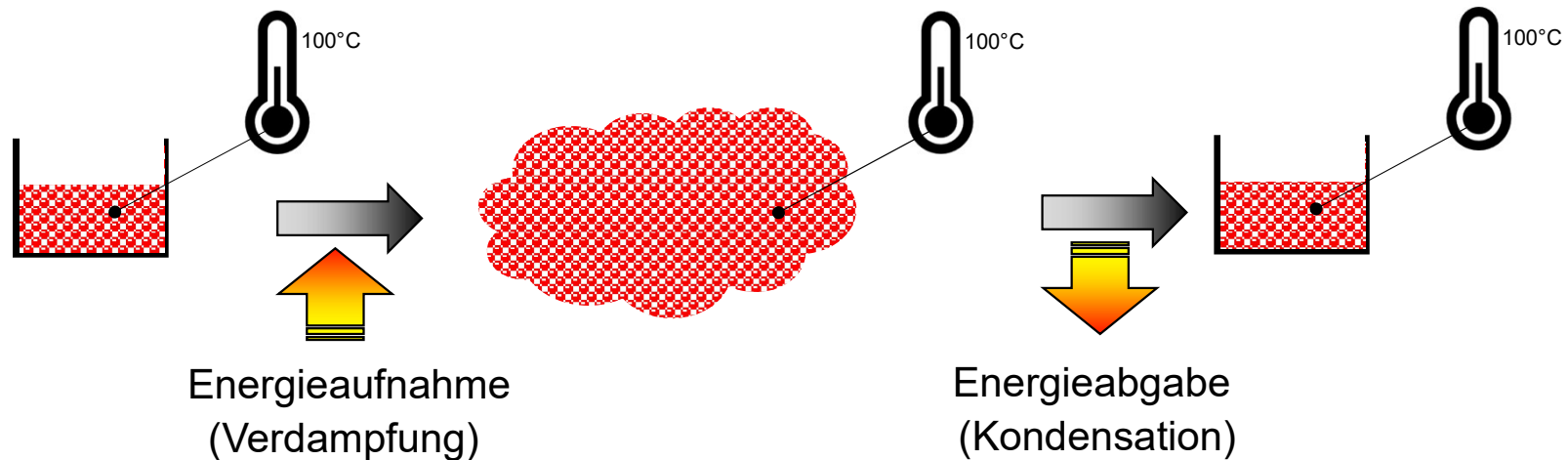
Quelle(n): Exxon Mobil ID 232600

Kältemaschine/Wärmepumpe

(Funktionsprinzip)

Das Prinzip der Kompressionskältemaschine beruht auf einem Kreisprozess, in dem ein **Verdichtungsvorgang** sowie ein **Kondensations-** und **Verdampfungsprozess** geschickt kombiniert werden.

1) Verdampfung / Kondensation am Beispiel von Wasser, bei einem Umgebungsdruck von 1 bar:

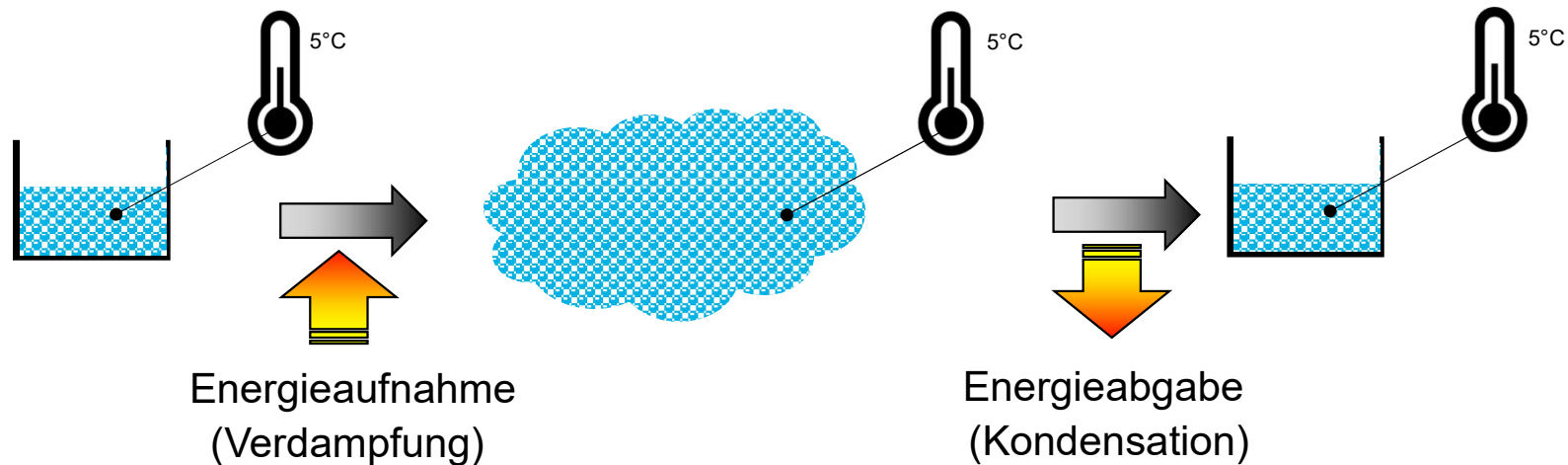


Kältemaschine/Wärmepumpe

(Funktionsprinzip)

Das Prinzip der Kompressionskältemaschine beruht auf einem Kreisprozess, in dem ein Verdichtungsprozess sowie ein Kondensations- und Verdampfungsprozess geschickt kombiniert werden.

1) Verdampfung / Kondensation am Beispiel von Wasser, bei einem Umgebungsdruck von **0.009** bar:



Kältemaschine/Wärmepumpe

(Funktionsprinzip)

Das Prinzip der Kompressionskältemaschine beruht auf einem Kreisprozess, in dem ein Verdichtungsprozess sowie ein Kondensations- und Verdampfungsprozess geschickt kombiniert werden.

2) Verdichtungsprozess:



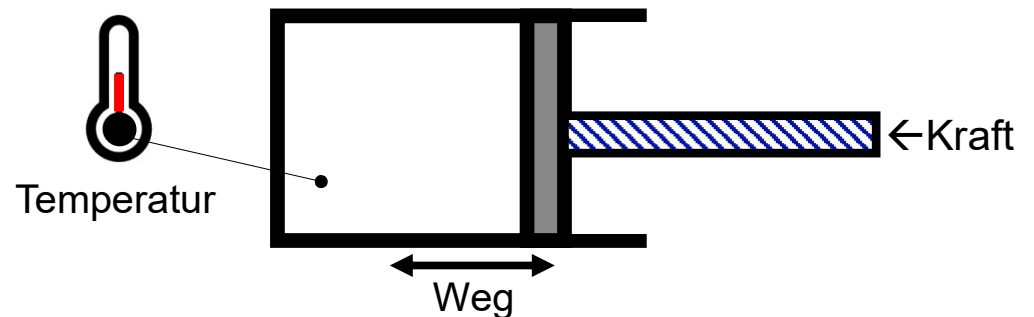
Kältemaschine/Wärmepumpe

(Funktionsprinzip)

Das Prinzip der Kompressionskältemaschine beruht auf einem Kreisprozess, in dem ein Verdichtungsprozess sowie ein Kondensations- und Verdampfungsprozess geschickt kombiniert werden.

2) Verdichtungsprozess:

Der Verdichtungsprozess ist mit einem erheblichen Arbeitsaufwand verbunden:



$$Kraft \cdot Weg = Arbeit \triangleq \text{Energieerhöhung im System}$$

Kältemaschine/Wärmepumpe

(Funktionsprinzip)

Das Prinzip der Kompressionskältemaschine beruht auf einem Kreisprozess, in dem ein Verdichtungsprozess sowie ein Kondensations- und Verdampfungsprozess geschickt kombiniert werden.

Dabei wird ein „Kältemittel“ auf einem tiefen Druckniveau verdampft. Die dazu nötige Energie (Wärme) entzieht es der Umgebung (Wärmequelle). Das durch die Verdampfung entstandene Gas wird durch einen Verdichter auf ein höheres Druckniveau verdichtet und erfährt dabei eine deutliche Temperaturerhöhung.

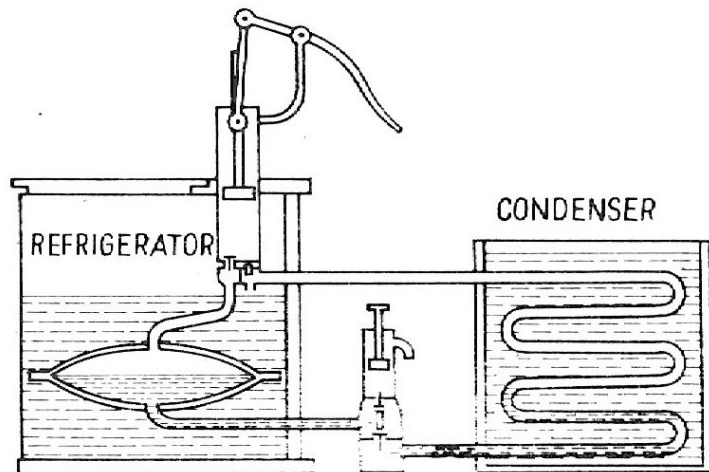
Die dabei im Gas enthaltene latente Verdampfungsenthalpie, liegt nun auch auf einem höheren Temperaturniveau vor.

Kältemaschine/Wärmepumpe

(Funktionsprinzip)

Der Kaltdampfprozess :

Die Erfindung von *Jacob Perkins, England 1834* setzte erstmals die zuvor aufgezeigten Zustandsänderungen mittels der Hauptbestandteile: Verdichter, Kondensator, Drossel und Verdampfer zu einem Kreisprozess um. Diese Bauweise setzte sich im weiteren Verlauf der Geschichte als klassische Konstruktionsweise durch:



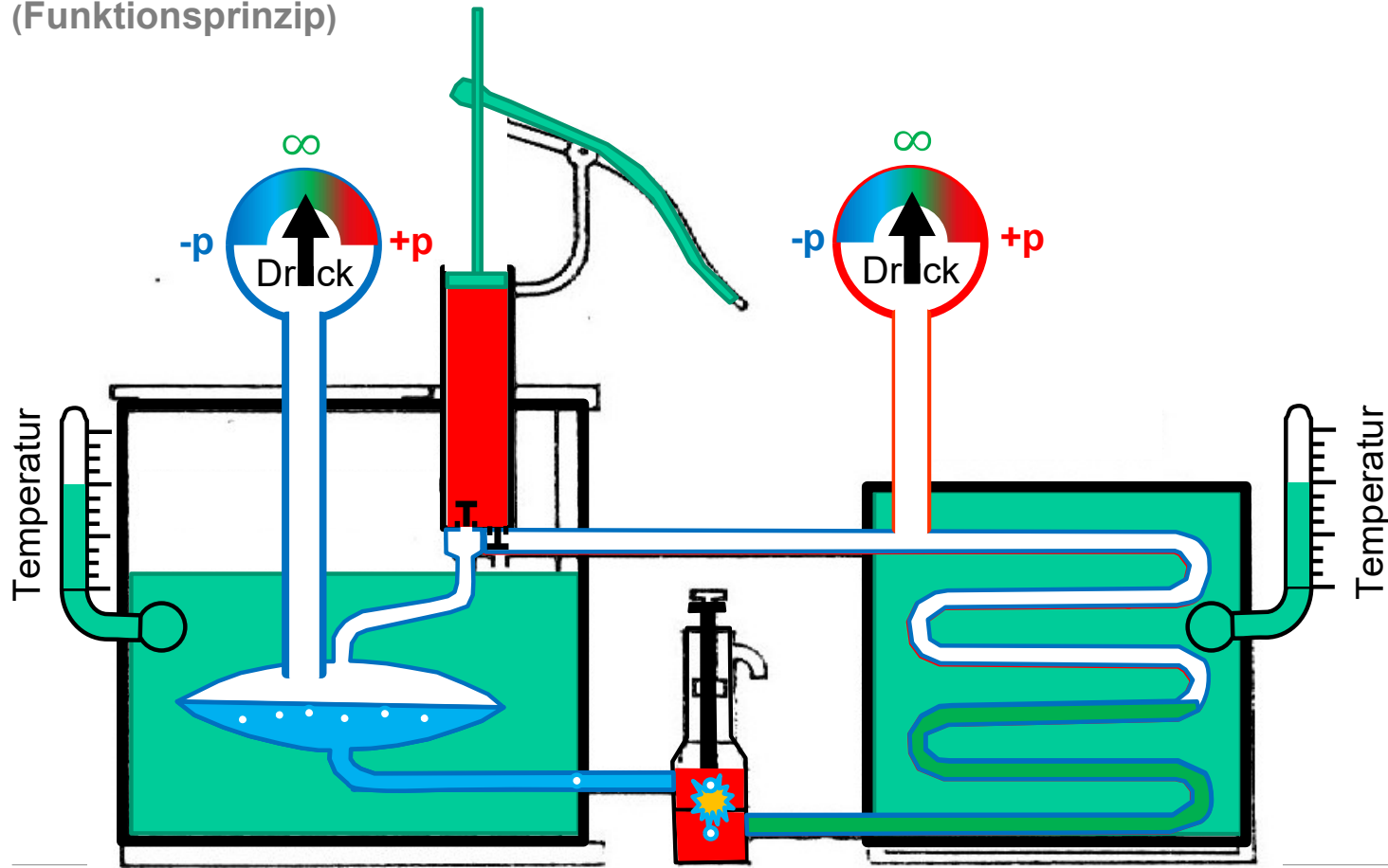
BRITISH PATENT #6,662
to
JACOB PERKINS, GRANTED 1834.

What I claim is an arrangement whereby I am enabled to use volatile fluids for the purpose of producing the cooling or freezing of fluids, and yet at the same time constantly condensing such volatile fluids, and bringing them again and again into operation without waste.

Patentzeichnung und Patentanspruch nach Jacob Perkins

Kältemaschine/Wärmepumpe

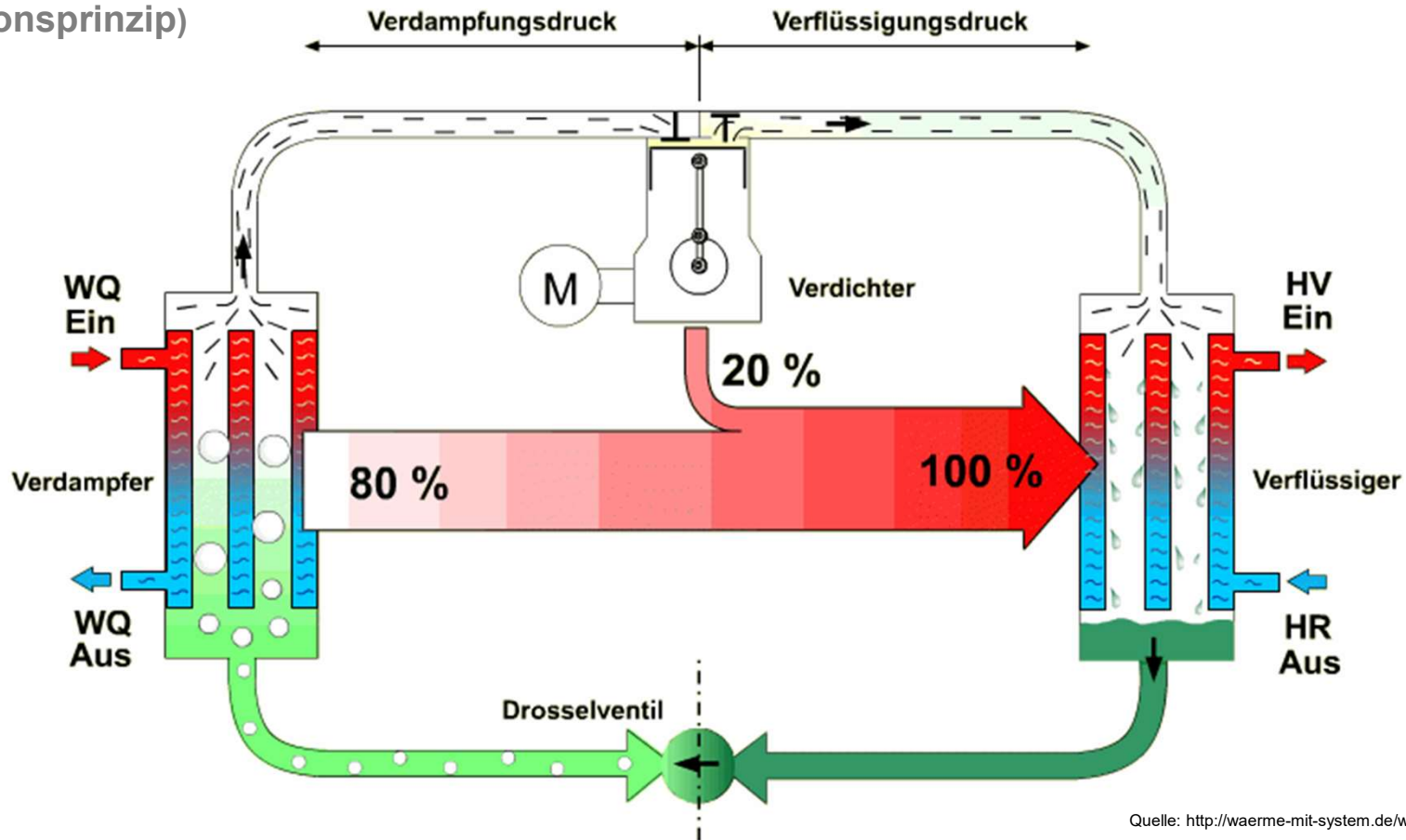
(Funktionsprinzip)



Kaldampfkomprensions-
kältemaschine nach
Jacob Perkins,
England 1834

Kältemaschine/Wärmepumpe

(Funktionsprinzip)



Kaltdampf-
kompressions-
kältemaschine,
heutige Bauweise

Quelle: <http://waerme-mit-system.de/wp-content/uploads/2019/10/wp-animation.gif>

Wärmequellen für Wärmepumpen

Die Wärmepumpe benötigt neben einem mechanischen Antrieb für den Verdichter, um das Temperaturniveau des angesaugten Gases zu erhöhen, eine Wärmequelle.

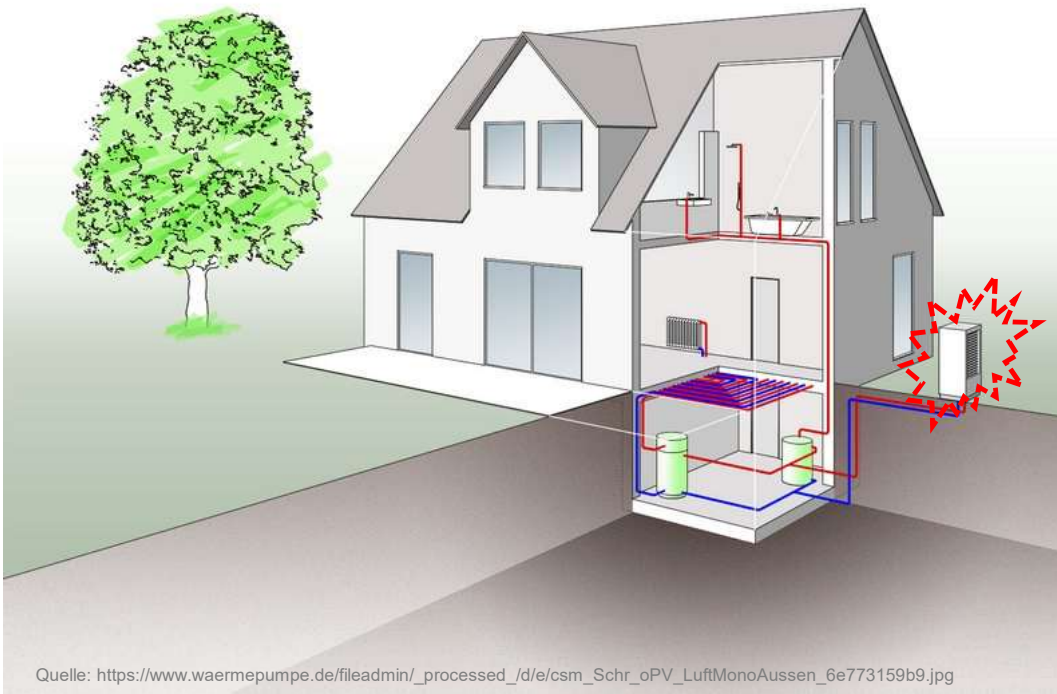
Je niedriger das Temperaturniveau der Wärmequelle liegt, um so mehr Arbeit (Energie) muss der Verdichter leisten, um die aufgenommene Wärme auf das gewünschte Temperaturniveau anzuheben („zu pumpen“).

Im Allgemeinen werden folgende Wärmequellen genutzt:

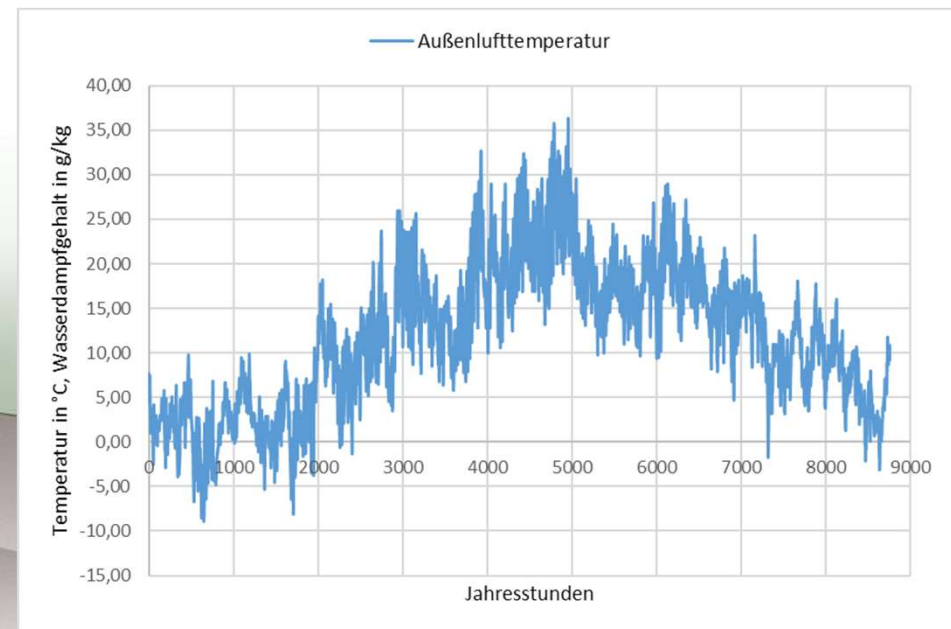
- **Luftwärmetauscher**, um der Außenluft Wärme zu entziehen
- **Erdsonden**, um dem Boden Wärme zu entziehen
- **Brunnenanlagen** (Saug&Schluck), um dem Grundwasser Wärme zu entziehen
- (kalte Nahwärmenetze, Abwasserleitungen, Eisspeicher.....)

Wärmequellen für Wärmepumpen

Luftwärmetauscher, um der Außenluft Wärme zu entziehen:

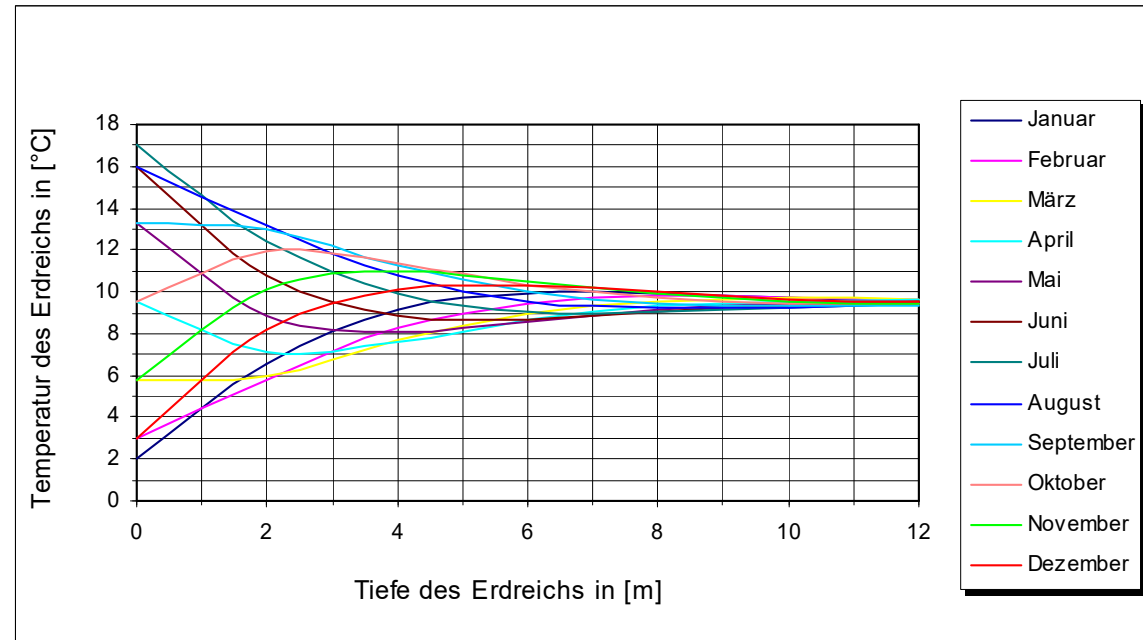
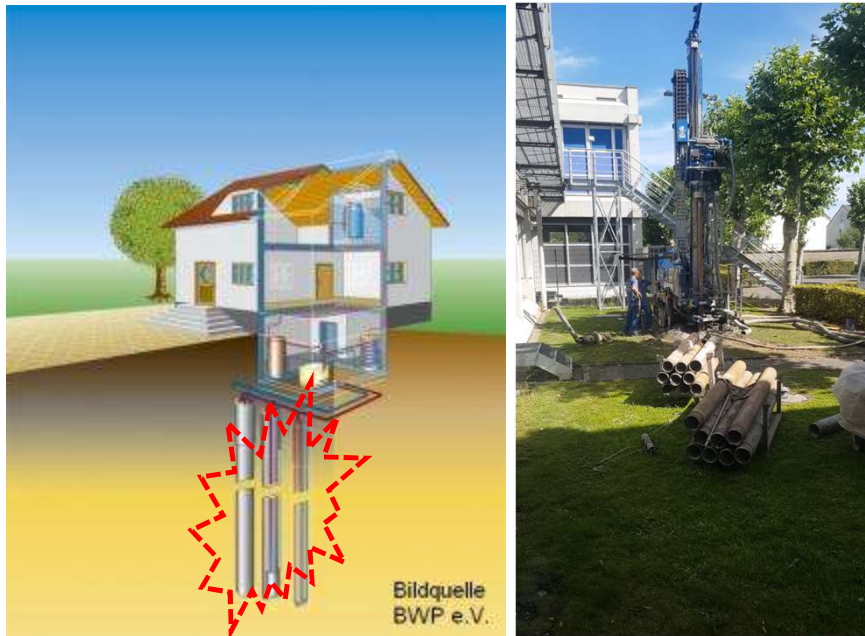


Außenlufttemperaturen: TRY des DWD für das Münsterland:



Wärmequellen für Wärmepumpen

Erdsonde, um dem Boden Wärme zu entziehen

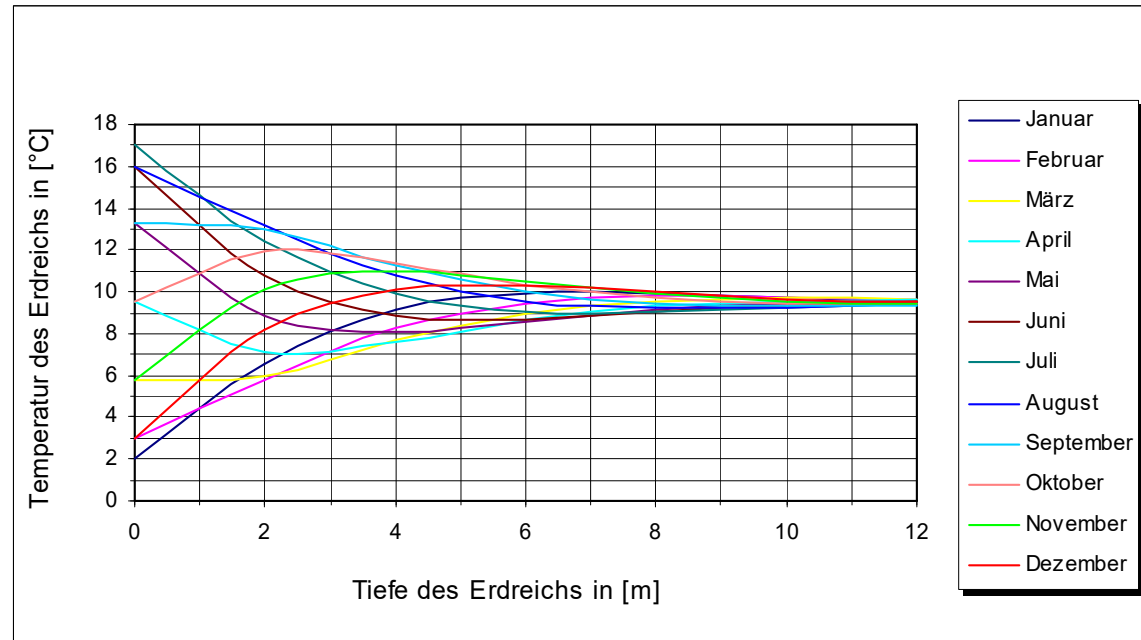
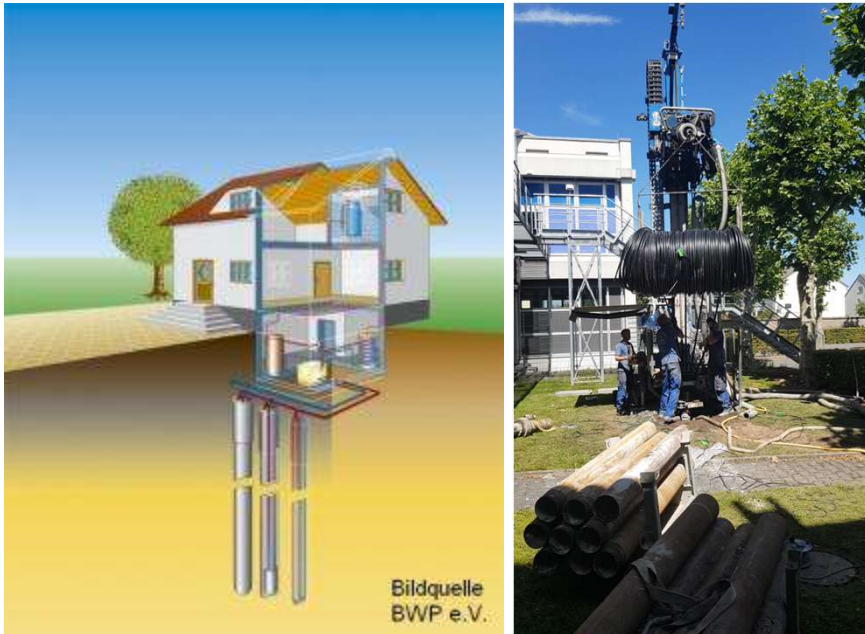


Quelle: https://www.waermepumpen.info/sites/waermepumpen.info/files/bilder/sole-wasser-erdsonde_1.jpg

Quelle: Ulf Heidrich, Fa. Waterkotte

Wärmequellen für Wärmepumpen

Erdsonde, um dem Boden Wärme zu entziehen

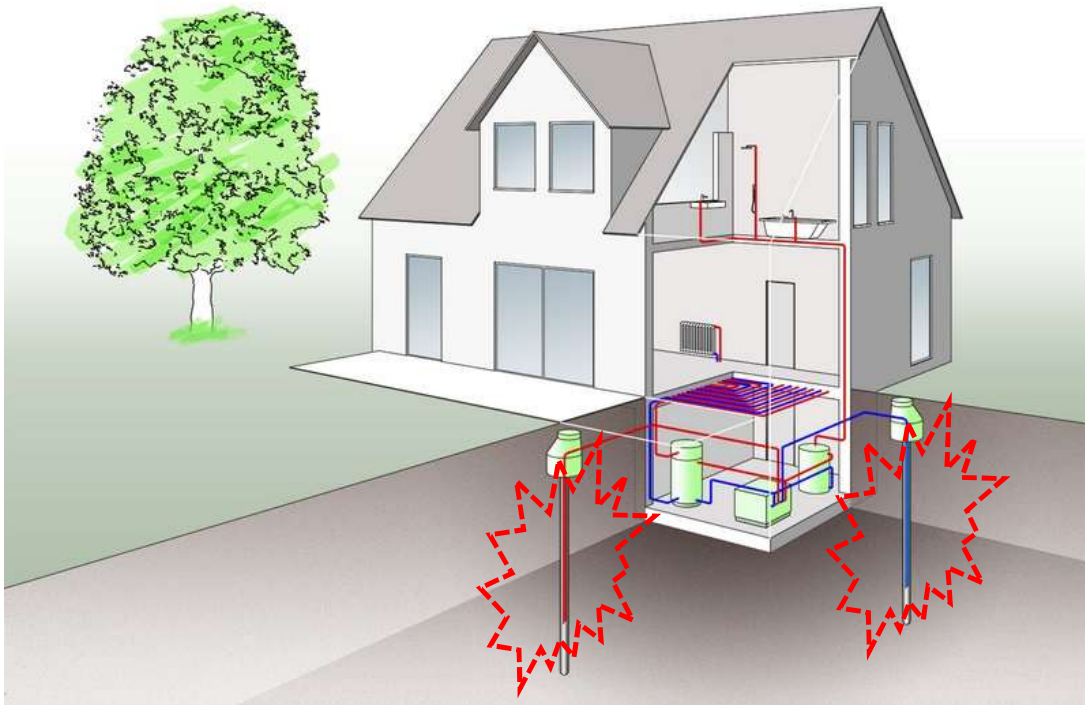


Quelle: https://www.waermepumpen.info/sites/waermepumpen.info/files/bilder/sole-wasser-erdsonde_1.jpg

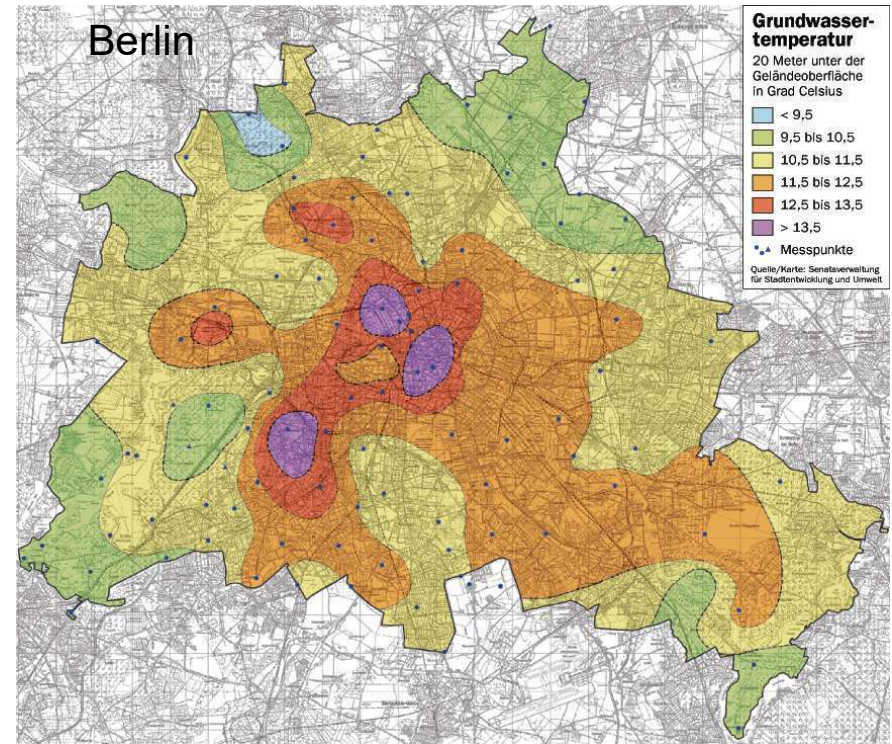
Quelle: Ulf Heidrich, Fa. Waterkotte

Wärmequellen für Wärmepumpen

Brunnenanlagen (Saug&Schluck), um dem Grundwasser Wärme zu entziehen



Quelle: https://www.waermepumpe.de/fileadmin/_processed_/0/c/csm_Schr_oPV_Grundw_0e339291f2.jpg



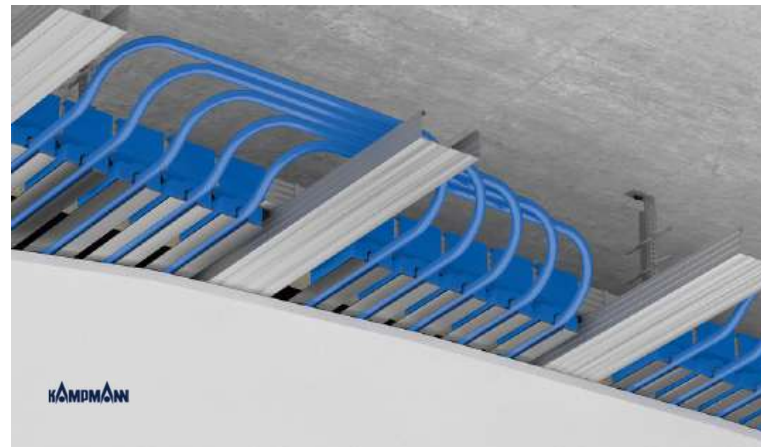
Quelle: <https://www.tagesspiegel.de/images/tagesspiegel/24416104/3-formatOriginal.jpg>

Heizen und Kühlen durch die Wärmepumpe

Die **Wärmepumpe** ist eine **Kältemaschine**. Werden flächige Niedrigtemperatursysteme eingesetzt, kann im Sommer mit der „Heizungsanlage“ gekühlt werden. Geeignete Systeme dazu sind z.B. Kühldecken und Ventilator-konvektoren:



Venkon, Quelle: Kampmann



...aber auch die Fußbodenheizung kann genutzt werden!

Sanierung von Heizungssystemen mit hohen Systemtemperaturen

Durch den Einsatz einer Wärmepumpe ändert sich nicht der Wärmebedarf eines Gebäudes!

Energieeinsparungen hängen primär vom wärmetechnischen Zustand des Gebäudes und dem nutzungsspezifischen Verhalten ab. Primäre Optimierungsansätze sind hier:

- Sanierung, bzw. Erhöhung des Wärmedämmstandards
- hydraulischer Abgleich
- Nachrüstung von Regelungs- und Steuertechnik (z.B. LoRaWAN Heizkörperthermostat DEOS TEO)

Sanierung von Heizungssystemen mit hohen Systemtemperaturen

Wie aufgezeigt, können Wärmepumpen mit minimalem Energieaufwand (Strom), regenerative Umweltwärme zur Beheizung von Wohngebäuden, Nichtwohngebäuden und Industriegebäuden bereitstellen, wenn niedrige Heizungswassertemperaturen ermöglicht werden.

Das bedeutet, dass in bestehenden Gebäuden ohne Flächenheiz- und Kühlsysteme, vorzugsweise ventilatorgestützte Heizungssysteme mit optimierten Ventilatoren und Wärmeübertragern eingesetzt werden müssen:



Lessons Learned:

- 1) Wärmepumpen können regenerative Umweltwärme mit kleinem energetischem Aufwand nutzbar machen.
- 2) Niedrige Heizungswassertemperaturen machen Wärmepumpen besonders wirtschaftlich.
- 3) Wenn alte Heizkörper mit niedrigen Heizungswassertemperaturen nach einer Sanierung keine ausreichende Heizleistungen erbringen, sollten sie z.B. durch Ventilatorkonvektoren ersetzt werden.
- 4) Minimalinvasive Regelungs- und Steuerungstechnik senken den Energiebedarf unserer Gebäude.
- 5) Eine Gebäudesanierung, mit dem Ziel der Verbesserung des Wärmedämmstandards, ist bei dem geplanten Einsatz von Wärmepumpen zwingend vorab zu diskutieren.
- 6) Wärmepumpen sind Kältemaschinen. Im Sommer kann eine moderne Wärmepumpe ein Gebäude auch kühlen. Wenn Erdsonden und Brunnenanlagen als Wärmequellen eingesetzt werden, kann damit „kostenfrei“ im Sommer gekühlt werden und im folgenden Winter mit verbessertem Wirkungsgrad geheizt werden.



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

EGU

FB Energie · Gebäude · Umwelt
Energy · Building Services ·
Environmental Engineering

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Dipl.-Ing. (FH) Ralf Niesmann

Stegerwaldstraße 39 fon +49 (0)2551.962-240
D-48565 Steinfurt

boiting@fh-muenster.de
www.fh-muenster.de

