

Lehrsystem Wärmepumpe und Solarthermie

Versuchsanleitung

Die Versuchsanleitung bildet einen wesentlichen Bestandteil des Lehrsystems.

Das über Jahrzehnte aufgebaute didaktische und technische Fachwissen von Willi Kirchensteiner spiegelt sich in der Versuchsbeschreibung wieder.

Wie auch die anderen Versuchsanleitungen zur Fachraumausstattung von Christiani besteht auch dieses Dokument aus

- Theoretischer Teil (Grundlagen)
- Versuchsbeschreibung (Aufbau der Versuche)
- Aufgabenblätter
- Lösungen

Teil 1: Energietechnisches Basiswissen zur Wärmepumpe

1. Die Wärmepumpe im Heizungsmarkt
 - 1.1 Die Wärmepumpe – ein Beitrag zur effizienten Energienutzung
 - 1.2 Von der Primärenergie zur Nutzenergie
 - 1.3 Hintergrundinformation zur Energiewandlung
 - 1.4 Struktur und Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland
 - 1.5 Anteile der verschiedenen Energieträger im Heizungsbereich
 - 1.6 Energiesysteme im Bereich erneuerbarer Energienutzung
 - 1.7 Energieflussdiagramm und CO₂-Bilanz bei einer Öl-Zentralheizung
 - 1.8 Energieflussdiagramm der Wärmepumpe
 - 1.9 Gesamtkostenvergleich
 - 1.10 Preisentwicklung der Energieträger und Auswirkungen auf die Wärmepumpe
 - 1.11 Gute Gründe für die Wärmepumpe
 - 1.12 Müssen für Wärmepumpen neue Kraftwerke gebaut werden?

Auf dieser und auf der nächsten Seite sehen Sie die Gliederung des Moduls Wärmepumpe; zusätzlich umfasst die Versuchsanleitung noch das Modul Solarthermie

Teil 2: Physikalische Grundlagen zur Wärmepumpe

- 2.1 Wärmemenge „Q“ = Quantum
- 2.2 Leistung „P“ = Power
- 2.3 Kälte- und Heizleistung bei Wärmepumpen
- 2.4 Verdampfen, verdichten, verflüssigen und entspannen
- 2.5 Änderungen des Aggregatzustandes
- 2.6 Der thermodynamische Prozess
- 2.7 Modellvorstellungen zum Heizen
- 2.8 Modellvorstellung und Physik der Wärmepumpe
- 2.9 Der Verdampfer – Physik und Aufbau
- 2.10 Der Verdichter
- 2.11 Der Verflüssiger
- 2.12 Das Expansionsventil
- 2.13 Energetische Beurteilung von Wärmepumpen
- 2.14 Leistungszahl nach Carnot und die Realität

Teil 3: Grundlagen der Anlagenplanung

- 3.1 Die Wärmequellenanlage
- 3.2 Rahmenbedingungen zur Wärmepumpenplanung
- 3.3 Wärmebedarfsermittlung
- 3.4 Energie-Einspar-Verordnung „EnEV 2007“
- 3.5 Die Wärmequellen- und die Wärmenutzungsanlage
- 3.6 Genehmigungsverfahren für die WQA
- 3.7 Planung einer Grundwasser-Wärmepumpenanlage
- 3.8 Berechnungen zu einer Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlage
- 3.9 Förderpumpenauswahl
- 3.10 Die Sole-Wasser-Wärmepumpe
- 3.11 Horizontal- und Vertikal-Absorber für Erdreich-WP
- 3.12 Montagebedingungen bei Sole-Wärmepumpen
- 3.13 Berechnungen zu Sole-Wärmepumpenanlagen
- 3.14 Sonderformen bei Sole-Wärmepumpenanlagen
- 3.15 Die Luft/Wasser-Wärmepumpe
- 3.16 Auslegung und Betriebsarten der Luft/Wasser-WP
- 3.17 Leistungswahl der Luft/Wasser-WP



►► Fragen zum Produkt?

Reinhold Henkelmann
berät Sie gerne
unter Telefon

07531 5801-52
oder per E-Mail

henkelmann@christiani.de



Teil 4: Anlagentechnik bei Wärmepumpen

- 4.1 Der Verdampfer oder Verflüssiger
- 4.2 Der Verdichter
- 4.3 Das Entspannungsventil = Expansionsventil
- 4.4 Schaltplan und Leistungsschild zur Laborwärmepumpe LA 9P (Luft/Wasser-WP)
- 4.5 Schaltplan zur Laborwärmepumpe WSW 50 (Sole/Wasser-WP)
- 4.6 Das Kältemittel
- 4.7 Heizkreistechnik und Hydraulik
- 4.8 Zusammenhänge zwischen Temperaturen, Leistungen und Arbeitszahl
- 4.9 Besonderheiten und Montagebedingungen bei Luft/Wasser-WP
- 4.10 Regelung bei Wärmepumpenanlagen
- 4.11 Warmwasserbereitung mit der Wärmepumpe
- 4.12 Elektroanschluss und Tarifschaltung bei Wärmepumpen

Teil 5: Anwendungskonzepte mit Wärmepumpen

- 5.1 Kontrollierte Wohnraumlüftung mit der Wärmepumpe
- 5.2 Zentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung
- 5.3 Die technische Konzeption einer Lüftung mit Nacherhitzung
- 5.4 Innovative Heizungs- und Lüftungstechnik mit einer Abluftwärmepumpe
- 5.5 Die technische Konzeption des Lüftungsprojektes im Laborraum des BZS
- 5.6 Das Integralgerät LWZ 303 von Stiebel-Eltron
- 5.7 Betriebsempfehlungen für Wärmepumpenanlagen

Arbeitsblätter

- Teil 1: Energietechnisches Basiswissen zur Wärmepumpe
- Teil 2: Physikalische Grundlagen zur Wärmepumpe
- Teil 3: Grundlagen der Anlagenplanung
- Teil 4: Anlagentechnik bei Wärmepumpen
- Teil 5: Anwendungskonzepte bei Wärmepumpen

Versuchsbeschreibungen zum Lehrsystem elektrische, hydraulische und regelungstechnische Untersuchungen

- 1) Bedingungen beim Zusammenschalten der Schulungsstände
- 2) 7 exemplarische Anordnungen a) bis g)
- 3) Sicherheitstechnische Anmerkungen:
- 4) Die Schulungsstände – Funktionsbeschreibungen –
- 5) Technische Daten und Nutzungsbedingungen
- 6) Versuchsdurchführung und Messaufgaben:
- 7) Lösungen zu Versuchsdurchführung und Messaufgaben:

Anhang zu den Lehrunterlagen des Lehrsystems

Anordnung 01) S1 + S5 + S4 + S2: Sole/Wasser-WP mit 3 Solekreisen auf der Quellenseite und einem Gebläsekonvektor im Heizkreis mit Anpassung durch eine „Hydraulische Weiche“

Hydraulische Weiche

- > Anordnung der Stände in einer Linie – Rohr- und Schlauchverbindungen herstellen – Feststellbremsen einlegen!
- > Ventile zur Durchströmung der Hydraulischen Weiche öffnen – andere Ventile in S4 schließen!
- > Spülen, Füllen und Entlüften der Kreise mit Wasser! **Überdruckeinrichtungen beachten!** → $p_{\text{max}} = 2,5 \text{ bar}$;
- > Dichtheit der Verrohrung prüfen! **Achtung:** evtl. Sensoren in den WMZ n anpassen! – Frostschutzthermostat auf $+3^\circ\text{C}$ einstellen!
- > Anbringen der Fließrichtungsschilder und der Funktionsblätter!
- > Elektroanschlüsse herstellen – Drehfeldkontrolle – elektrische Sicherheitseinrichtungen verbinden und kontrollieren – Urmwälpumpen einstellen – Messwerte für Spannung, Ströme und Energie kontrollieren!

> **Elektrische Sicherheitsprüfung mit Prüfprotokoll nach VDE 0113; VDE 0100 Teil 701/702 erstellen!**

Die Versuchsanleitung ist ein fester Bestandteil des gesamten Lehrsystems und wird bei Bestellung des Lehrsystems oder von „S5 Wärmepumpe“ kostenfrei mitgeliefert.

Die Versuchsanleitung kann nicht separat käuflich erworben werden!

3.17 Leistungswahl der Luft/Wasser-WP

Bei der Leistungswahl der WP kann man die **Heizkurve** eines Hauses in das von vielen Herstellern zur Verfügung gestellte Kennlinienfeld verschiedener WP-Leistungen einzeichnen. Man erhält die Heizkurve als Verbindung von 2 Punkten. Diese Angaben sind einmal aus dem Wärmebedarf nach DIN 4701 und der tiefsten Außentemperatur (Klimazone). Der andere Punkt ist mit der Heizleistung von 0 kW bei einer Außentemperatur von 20°C festgelegt.

Die Heizleistung der zu wählenden Luft/Wasser-WP wird nach 3 Zielsetzungen bestimmt:

- a) Man kontrolliert, ob bei einer Außentemperatur zwischen -5°C bis zu -8°C die Vorlauftemperatur des Hauses unter 50°C liegt und damit nach durch eine Wärmepumpe gedeckt werden kann! Wenn dies nicht der Fall ist, sollte durch eine energetische Sanierung des Hauses mit Dämmmaßnahmen, Wärmeschutzverglasung, Umbau der WNA auf Flächenheizung oder Niederdrucksystem eine flachere Heizkurve realisiert werden!
- b) Man sucht in dem Kennlinienfeld eines Anbieters die Wärmepumpe, die nach der Heizkurve des Hauses bis zum Außentemperaturbereich um -5°C den Wärmebedarf noch decken kann!
- c) Durch das **Marktreizprogramm** werden ab 2006 Wärmepumpenanlagen mit 5- bis 20, 60W Heizfläche bezuschusst, wenn von den Herstellern Mindestwerte für die Jahresheizleistungen angegeben werden. Deshalb sollte auch dieser Prüfdruck bei der Auswahl der Wärmepumpe beachtet werden! (Siehe dazu auch 1.8)

Beispiel: Planungsgröße 16; Polken der Eignung des Hauses und der WNA nach vorliegenden Heizkurven! Auf nebenstehendem Heiznetzdiagramm ergibt sich für Kurve „B“ ein „Überspannungspunkt“ mit -7°C . Dabei wird eine WP mit „R 200“ angenommen, die 65°C als maximale Vorlauftemperatur erreicht. Eine WP mit 60°C (R407a) maximaler Vorlauftemperatur erreicht hier bei -4°C ihre Einsatzgrenze!

Wegen der maximalen Planungsleistung von 50°C für die Vorlauftemperatur von Heizung und TWB-Bereitstellung sollte das Haus, bzw. die WNA auf die Kurve „C“ skaliert werden! Damit wird die Bivalenttemperatur auf $+6^\circ\text{C}$ festgelegt! Für die Klimazone mit -16°C (üblicher Durchschnitt) ergibt sich hier (nach Tabelle Stiebel Eltron S. 60) ein Deckungsgrad durch die Luft/Wasser-WP von 97 %!

Fachraumausstattung

62) Für eine WPA wird ein Förderbrunnen mit geodätischer Förderhöhe von 12 m mit einer Saugtiefe eines WPM 13 vorgesehen

- a) Berechnen Sie die Druckflanz der Röhre, wenn dabei die vorgeschlagene Nennweite mit einer Gesamtlänge von 52 Metern verwendet wird.
 Geg.: $l = 52 \text{ m}$; $nWT = 2500 \text{ kg/h} = 0,7222 \text{ l/s}$;
 Infoblatt 3.13 (Rohrtabelle)
 → $25,32$ bei $0,8 \text{ l/s} \Rightarrow n = 1 \text{ m/s} \Rightarrow R = 3,8 \text{ mbar/m}$;
 Ges.: Δp
 Lsg.: $\Delta p = l \times R = 52 \text{ m} \times 3,8 \text{ mbar/m} = 198 \text{ mbar} = 198 \text{ kPa}$
 b) Welcher Gesamtdruckverlust muss von der Pumpe aufgebracht werden?
 Geg.: $q_v = 198 \text{ kPa}$; $nWT = 150 \text{ kPa}$; $sh = 12 \text{ m}$;
 Ges.: Δp
 Lsg.: $\Delta p = 1,3 \times q_v + \Delta p_{\text{WT}} + \rho gWT = 1,3 \times 198 \text{ kPa} + 150 \text{ kPa} + 12 \text{ m} \times 100 \text{ kPa/m}$
 $\Delta p = 1812 \text{ kPa}$; Dies entspricht einer Höhe von ca. 18 m!
 c) Wählen Sie eine geeignete Förderpumpe nach dem Diagramm der Grundfos-Grundwasserpumpen (Programm „WIKCAPS“) aus!
 Es würde die SP 24-23 nach reichen mit 1,1 kW Motor:
 Die SP 3A-6 reicht auch aus mit einer Abgabeleistung von 0,37 kW!
 Ebenso geeignet ist hier die SQ 2-35 mit 0,60 kW!

63) Bei einer Grundwassertemperatur von 15°C könnte die Abkühlung auf 10 Kelvin entnommen werden. Wie weit sich dies auf die Durchflussmenge des Grundwassers aus?

Die Durchflussmenge des Grundwassers könnte halbiert werden auf 75 – 90 Liter pro Stunde für 1 kW Kühlleistung!

64) Während der Wasser/Wasser-WP das Quellmedium direkt in den Verdampfer gesaugt wird, kann bei einer Sole/Wasser-WP die Energiequelle „zuer“ nur indirekt über einen Solekreislauf genutzt werden.

- a) Welche Nachteile hat dies?
 Die Soletemperatur muss bei 0°C oder tiefer liegen, damit ein ausreichender Energieertrag von Erdreich auf die Sole stattfindet. Damit wird das „IT“ größer und folglich die Arbeitszahl kleiner!
- b) Welche Vorteile hat der Ventilator/elektro gegenüber einem Horizontalkollektor, wenn man das Diagramm in Abbild 3.15 berücksichtigt?
 Der Energieertrag wird unabhängig von der Jahreszeit. Vor allem im Frühjahr ist die Arbeitszahl der WP besser!
 Die Auskühlung der oberen Bodenschichten ist geringer und damit die Vegetationsverzögerung geringer.