

Bedienungsanleitung: Wärmepumpe

1. Sicherheitshinweise

- ! Die Wärmepumpe sollte immer auf einem geraden Untergrund stehen. Nach einem Transport ist es wichtig, dass die Wärmepumpe mindestens acht Stunden auf einer geraden Fläche steht, um sicherzustellen, dass sich das Öl vom Kompressor setzen kann und nicht in den Kreislauf und die Kapillare läuft.
- ! Die Wärmepumpe sollte aufrechtstehend transportiert werden, nicht liegend oder gekippt.
- ! Die Wassergefäße müssen Temperaturen bis zu 80°C aushalten können.
- ! Im Kondensator darf der Druck nicht über 13 bar und die Temperatur nicht über 70°C steigen, weil sonst der Kompressor aufgrund von Überhitzung zu Schaden kommen kann.
- ! Ein Experiment mit der Wärmepumpe sollte nicht länger als 20 Minuten dauern, weil auch hier der Kompressor zu heiss wird.
- ! Nach jedem Experiment sollten der Kompressor und das ganze System genug Zeit haben, um sich wieder abzukühlen. In der Regel mindestens 10 min.
- ! Ein Thermoschalter schaltet bei zu hohen Temperaturen den Kompressor aus und nach ausreichender Abkühlung wieder automatisch ein.
- ! Wenn der Kompressor während eines Versuches von Hand ausgeschaltet wurde, muss mindestens drei Minuten gewartet werden bis er wieder eingeschaltet werden kann.
- ! Vorsicht beim Berühren des Kondensators sowie der Rohrleitung zum Kondensator, sie können bis zu 70 °C heiss werden.
- ! Vorsicht beim Wechseln der Wassergefäße. Die Wassertemperatur beträgt bis zu 60°C.

2. Komponenten



Abb. 1: Wärmepumpe

1	Kompressor	4	Behälter für Wasser
2	Ein-/Ausshalter	5	Expansionsventil
3a	Manometer (Hochdruck)	6	Verdampfer
3b	Manometer (Niederdruck)	7	Kondensator

3. Beschreibung

Mit einer Wärmepumpe kann aus elektrischer Energie sowohl Wärme als auch Kälte erzeugt werden. Dieses Modell veranschaulicht zum einem die Funktionsweise eines Kühlschranks zum anderem die einer Wärmepumpenheizung.

Das Wärmepumpenmodell besteht aus einem Kompressor, einem Verdampfer, einem Kondensator und einem Expansionsventil. Kupferrohre verbinden die verschiedenen Einzelteile miteinander zu einem geschlossenen System. Als Arbeitsmittel wird R600a (Isobutan) verwendet. Isobutan ist ein umweltfreundliches und nicht klimaschädliches Kältemittel. Der Verdampfer und Verflüssiger werden entweder vollständig in Wasser getaucht, um Wärme an das Wasser auf- und abzugeben. Dieses Modell funktioniert aber auch ohne Wasser, dafür wird die Wärme aus der Luft entzogen und wieder abgegeben. Verdampfer und Kondensator sind beide mit je einem Manometer verbunden, um den Druck während des Experimentes zu beobachten. Ein im Kompressor integrierter Thermostatschalter schaltet bei zu hohen Temperaturen den Kompressor automatisch aus und wieder ein, wenn er wieder betriebsfähig ist.

Für zusätzliche Temperaturmessungen und Energiemessungen stehen im Zubehör zwei Stabthermometer und ein Energiemessgerät zu Verfügung.

4. Technische Daten der Wärmepumpe

Kompressor

Hersteller:	Danfoss Secop
Typ:	Danfoss TLES9KK2
Stromversorgung:	230 V
Max. Anlaufstrom:	4.5 A
Kälteleistung:	101 W
Schutzschalter Temperatur:	vorhanden

Kältemittel

Bezeichnung:	R600a, Isobutan
Siedetemperatur:	-12°C
Kritische Temperatur:	135°C
Kritischer Druck (20°C):	36.4 bar
Temperatureinsatzbereich:	40°C bis -10°C

Modell

Rohrleitung:	2,6 m Kupferrohr, vernickelt
Manometer Verdampfer:	5 bar (Hochdruck), -1 bar (Niederdruck)
Manometer Kondensator:	25 bar (Hochdruck), 0 bar (Niederdruck)
Netzanschluss:	230 V, 50 Hz
Abmessungen:	B x T x H 65 x 48 x 25 [cm]
Gesamt Masse:	ca. 15 kg

5. Zubehör

Thermometer

Technische Daten

- Messbereich: -40 – 250 °C
- Genauigkeit:
 - ±0,5 °C für -10 – 100 °C
 - ±2 °C für 200 – 250 °C
 - ±1 °C für andere Temperaturen
- Batterie: 1 x LR 44
- Einstichfühler: 300 mm
- Messzeit: 8 Sekunden
- Abschaltautomatik mit Dauermessfunktion
- Geschützt gegen Wasserstrahlen, kalibrierfähig
- Vielseitig einsetzbar, ideal für Lebensmittel

Beschreibung

Das Thermometer einschalten und in das zu messende Medium eintauchen oder daranhalten. Ausgeschaltet wird das Thermometer in dem man den Ein-/Ausschaltknopf lange drückt.



Wasserbehälter / Unterstellklötze

Technische Daten Wasserbehälter

- Polypropylen
- Temperaturbereich: 0 -100°C

Beschreibung

Wasserbehälter und Unterstellklötze werden wie im Bild gezeigt positioniert. (Wichtig für die richtige Eintauchtiefe der Spiralen)

Wasserbehälter aus dem eigenen Fundus sollten mindestens 80 °C aushalten können und dürfen nicht zu klein sein, falls sich auf der Verdampfer Seite Eis bilden sollte.



Energiemessgerät

Technische Daten

- Betriebsspannung: 230 V / 50 Hz
- Batterietyp: 2 x 1, V Knopfzellen (LR44)
- Wirk-Leistungsbereich: 1 – 3680 W
- Max. Strombereich: 13 A, 16 A, 10 A
- Anzeigebereich: 0,00 – 9999,99 digits
- Eigenverbrauch: 0,8 W
- Abmessungen (B x H x T):
63 x 80 x 130 mm
- Gewicht: 260 g
- Packungsinhalt: Messgerät,
2 x Knopfzellen LR44,
Bedienungsanleitung
- Maximal Belastung: 16 A und 3680 W



Taste	Funktion
Durch Klicken kann man durch die verschiedenen Funktionen blättern, die es auf den Tasten gibt.	
↑ Pfeil nach oben	Voltmessanzeige; Power Factor Messung, Messung der Frequenz
↓ Pfeil nach unten	Leistung in Watt, max. Leistung in Watt, Strom in A, max. Strom in A (overload), Forecast a year (Vorhersage pro Jahr),
• Kreis	Total time (Stoppuhr), total kWh (totaler Energieverbrauch), cost/kWh (Kosten für kWh), total CHF
SET	Messdaten löschen: Rechte Anzeige auf Strom in „A“ (↓-Taste) und untere Anzeige auf „total time“ (•-Taste); anschliessend SET- und •-Taste gedrückt halten bis ein Piepton ertönt (ca. 3 sec).

6. Bedienung

Aufstellen der Wärmepumpe



Abb. 4: Aufgebaute Wärmepumpe

Die Wärmepumpe sollte auf einem ebenen Untergrund aufgestellt werden.

Inbetriebnahme

Vor dem ersten Versuch

Die Wärmepumpe muss nach dem Transport unbedingt mindestens 8 Stunden auf einem geraden Untergrund stehen gelassen werden. Während eines Transportes könnte sich das Öl im Kompressor verteilt haben und muss sich danach erst wieder setzen, damit es nicht in den Kreislauf gerät.

Nachdem die Wärmepumpe ausreichend lang gestanden ist, kann sie direkt oder über das Energiemessgerät angeschlossen werden.

Stabilisierung Kühlkreislauf

Damit der Kühlkreislauf sich stabilisieren kann, wird die Wärmepumpe 5-10 min laufengelassen bevor mit dem eigentlichen Versuch begonnen wird.

Nach dem Versuch

Um mit der Wärmepumpe einen weiteren Versuch durchführen zu können, muss sie mindestens 10 min ausgeschaltet bleiben. In dieser Zeit gleichen sich die Drücke und die Temperaturen wieder aus.

Temperatur messen

Damit die Temperatur des Wassers im Behälter gleichmässig verteilt ist, muss während des ganzen Versuches mit dem Thermometer gerührt werden. Beim Ablesen der Temperatur die Spitze des Thermometers nicht direkt an die Spirale oder den Behälterrand halten.

Reinigen der Wärmepumpe und Zubehör

Die Wärmepumpe sollte ausschliesslich mit Luft oder Wasser betrieben werden. Beim Betrieb mit Wasser reicht es, die Rohre und die Behälter nachdem Benutzen mit einem Handtuch zu trocknen.

Lagerung/ Rückgabe der Wärmepumpe an den Verein Energiepfad Grabs

Die Wärmepumpe und das Zubehör sollten trocken und sauber in seine ursprüngliche Verpackung (mitgelieferte Tasche) verstaut werden. Das Wärmepumpenmodell muss aufrechtstehend (damit kein Öl aus dem Kompressor in den Kreislauf und die Kapillare läuft) an einem trockenen, staubfreien Ort aufbewahrt werden.

In der Tasche befindet sich eine Inventarliste, nach der die Tasche zu packen ist.

Die beim Ausleihen erhaltene Gesamtliste bitte ausfüllen und visieren.

Transport der Wärmepumpe

Beim Transportieren ist darauf zu achten, dass die Wärmepumpe aufrecht steht und keine Gegenstände auf sie fallen können. Zusätzlich sollte die Wärmepumpe gegen Stösse und Umfallen gesichert werden.

7. Versuche mit Wärmepumpe

Material für alle 3 folgenden Versuche

- Wärmepumpenmodell
- Zubehör (mitgeliefert)
 - Energiemesser
 - Thermometer 2 x
 - Wassergefäße 4 x
 - Unterstellklötze separat 2 x
 - Messbecher 2 x
 - Messprotokoll (Druckvorlage siehe Anhang)
- Zusätzlich
 - Stoppuhr
 - Handtücher
 - Eimer
 - Stifte

Kühlkreislauf stabilisieren

Vor allen Versuchen muss zuerst der Kühlkreislauf stabilisiert werden.

Vorgehen

Zwei Behälter (Abb. 1 auf Seite 2, Nummer 4) mit 1.5 l kaltem Wasser (Leitungswasser ca. 20 °C) füllen, und Verdampfer und Kondensator vollständig eintauchen. Unterstellklötze wie in Abb. 4 darunter stellen. Dann die Wärmepumpe über das Energiemessgerät an die Steckdose anschliessen. Am Ein/Aus-Schalter einschalten und für ca. 8 min laufenlassen.

Versuch: Verdampfer 20 °C/ Kondensator 20 °C

Während sich der Kühlkreislauf stabilisiert, in die übriggebliebenen zwei Wassergefäße jeweils 1.5 l kaltes Wasser (Leitungswasser ca. 20 °C) abfüllen.

Ist die Wärmepumpe ca. 8 min gelaufen, wird das Wasser gewechselt, **ohne** die Pumpe auszuschalten.

1. Unterstellklötze wegschieben, alte durch neu gefüllte Wasserbehälter ersetzen, Unterstellklötze wieder passend unterschieben
2. Energiemessgerät auf null zurücksetzen
Messdaten löschen: Rechte Anzeige auf Strom in „A“ (↓-Taste) und untere Anzeige auf „total time“ (•-Taste); anschliessend SET- und •-Taste gedrückt halten bis ein Piepton ertönt (ca. 3 sec)
3. Sofort Temperatur in beiden Gefässen, beide Drücke und Watt-Anzeige am Energiemessgerät im Messprotokoll notieren (entspricht Messwert $t = 0$)
4. Ab jetzt jede Minute, 10 min lang, diese fünf Werte aufschreiben. Dabei ständig mit den Thermometern das Wasser in den Gefässen rühren!
5. Wärmepumpe abschalten
6. Zusätzliche Beobachtungen notieren

Versuch: Verdampfer 40 °C Kondensator 20 °C

Während sich der Kühlkreislauf stabilisiert, 1 x 1.5 l kaltes Wasser (Leitungswasser ca. 20 °C) in den einen Wasserbehälter und 1 x 1.5 l ca. 40 °C warmes Wasser in den anderen Wasserbehälter abfüllen.

Ist die Wärmepumpe ca. 8 min gelaufen, wird das Wasser gewechselt, **ohne** die Pumpe auszuschalten.

1. Unterstellklötze wegschieben
2. Die Verdampfer-Spirale (linke Spirale) in das warme Wasser (ca. 40 °C), die Kondensator-Spirale (rechte Spirale) in das kalte Wasser (ca. 20 °C) tauchen
3. Unterstellklötze wieder passend unterschieben
4. Energiemessgerät auf null zurücksetzen
Messdaten löschen: Rechte Anzeige auf Strom in „A“ (↓-Taste) und untere Anzeige auf „total time“ (•-Taste); anschliessend SET- und •-Taste gedrückt halten bis ein Piepton ertönt (ca. 3 sec)
5. Sofort Temperatur in beiden Gefässen, beide Drücke und Watt-Anzeige am Energiemessgerät im Messprotokoll notieren (entspricht Messwert $t = 0$)
6. Ab jetzt jede Minute, 10 min lang, diese fünf Werte aufschreiben. Dabei ständig rühren!
7. Wärmepumpe abschalten
8. Zusätzliche Beobachtungen notieren

Versuch: Luft/ Wasser

Während sich der Kühlkreislauf stabilisiert, 1 x 1.5 l kaltes Wasser (Leitungswasser ca. 20 °C) in den Wasserbehälter abfüllen.

Ist die Wärmepumpe ca. 8 min gelaufen, wird das Wasser gewechselt, **ohne** die Pumpe auszuschalten.

1. Holzklötze wegschieben
2. Kondensator-Spirale (rechte Spirale) in das Wasser eintauchen, passenden Unterstellklotz darunter schieben (der kleinere)
3. Verdampfer-Spirale bleibt frei
4. Energiemessgerät auf null zurücksetzen
Messdaten löschen: Rechte Anzeige auf Strom in „A“ (↓-Taste) und untere Anzeige auf „total time“ (•-Taste); anschliessend SET- und •-Taste gedrückt halten bis ein Piepton ertönt (ca. 3 sec)
5. Sofort Temperatur im Kondensatorgefäss und an der Verdampfer-Spirale, beide Drücke und Watt-Anzeige am Energiemessgerät notieren (entspricht Messwert $t = 0$)
6. Ab jetzt jede Minute, 10 min lang, diese fünf Werte aufschreiben. Dabei ständig rühren!
7. Wärmepumpe abschalten
8. Zusätzliche Beobachtungen notieren

8. Quellen

[1] <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0207211.htm>

9. Anhang

Druckvorlage Messprotokoll

Zeit t[min]	T_v [°C]	T_k [°C]	p_v [bar]	p_k [bar]	Leistung [Watt]
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

T_v = Temperatur Verdampfer (Abb1/6)

p_v = Druck Verdampfer (Abb1/ 3b)

T_k = Temperatur Kondensator (Abb1/ 7)

p_k =Druck Kondensator (Abb1/ 3a)

