

T7
Heizkesslersatz durch Wärmepumpen

Inhalt

1. Einführung
2. Querhinweis auf Normen und andere Schriftstücke
3. Leistungserfassung / Dimensionierung
4. Wärmequellen
5. Hydraulische Einbindung
6. Systemtemperaturen
7. Regulierung
8. Betriebsart der Anlage
 - 8.1 Monovalenter Betrieb
 - 8.2 Bivalenter/monoenergetischer Betrieb
9. Gesamtsystem
10. Abhängigkeit vom Gebäude
11. Ausführungshinweise

1. Einführung

Grundsätzlich eignen sich fast alle Gebäude mit hydraulischen Heizsystemen für den Ersatz der Heizkesselanlage durch eine Wärmepumpe.

Die Wärmequelle kann bei Sanierungsobjekten aus verschiedenen Gründen nicht immer frei gewählt werden. Bei Erdwärmesondenanlagen ist es allenfalls aus Platzgründen oder wegen unmöglicher Zufahrt schlicht nicht möglich, eine oder mehrere Erdwärmesonden abzuteufen. Wenn Aussenluft als Wärmequelle vorgesehen wird, sind die schalltechnischen Gegebenheiten mit der nötigen Vorsicht zu behandeln.

Im Gegensatz zu einer Neuanlage sind bei der Sanierung einige technische Randbedingungen, wie die benötigte Heiztemperatur, gegeben oder nur marginal veränderbar, und die Dimensionierung basiert nicht auf theoretischen Berechnungen, sondern auf dem tatsächlichen Wärmeverbrauch.

Bei einem Sanierungsobjekt ist die bestehende Gebäudehülle oft ebenfalls sanierungsbedürftig. Hier müssen die Sanierungsüberlegungen der Gebäudehülle für den Ersatz der Wärmeerzeugung allenfalls berücksichtigt werden.

2. Querhinweis auf Normen und andere Schriftstücke

- Für den Wärmebedarf gilt auch hier die SIA-Norm 384/2 und für den Wärmeschutznachweis die SIA-Norm 380/1.
- Für die Stilllegung des Öltanks gelten die eidg. Tankvorschriften.

3. Leistungserfassung / Dimensionierung

Ein bestehendes Gebäude hat einen gegebenen (tatsächlichen) Wärmebedarf. Diesen Wert gilt es, in Erfahrung zu bringen.

Es werden vom Anlagenbesitzer oft mündliche Angaben (Öl- oder Gasverbrauchszahlen) gemacht. Diese Werte sind unbedingt zu überprüfen. Sofern genaue Aufzeichnungen über die Tanknachfüllung vorliegen oder Ablesewerte mit Datum über Ölverbrauch und Gasmengen (Durchflussmessung) aufgezeichnet wurden, kann der effektive Energieverbrauch relativ genau ermittelt werden.

Liegen solche Daten nur über kurze Zeit vor (1-3 Jahre), sollten die berechneten Jahreswerte über die Heizgradtage auf den langjährigen Mittelwert normiert werden (Heizgradtage sind bei Meteo Schweiz oder aus entsprechenden Tabellen zu ermitteln).

Beim Vorliegen von Nachfülldaten von Öltanks muss bei mehrjährigen Daten eine Auswertungs-Periode gewählt werden, bei der sichergestellt ist, dass eine komplette Tankfüllung erfolgt ist oder der effektive Füllstand des Tanks aufnotiert wurde.

Besteht die Möglichkeit während der Heizperiode, die Betriebszeit der Feuerungsanlage über einige Zeit zu erfassen, kann die Leistung vor allem bei Anlagen, bei denen keine entsprechenden Informationen vorliegen, entsprechend genau erfasst werden. Dazu sind neben der Betriebszeit auch die Aussentemperaturen zu erfassen. Es ist dabei zu beachten, dass die Messungen in einem möglichst grossen Temperaturbereich erfolgen. Gleichzeitig muss die Öleinspritzmenge bekannt sein (ev. durch Messung).

Die Betriebszeiten können in einem Diagramm (Excel) als Tagesmittelwerte über der mittleren Aussentemperatur aufgezeichnet werden. Mittels einer Regressionsgeraden ist

es dann möglich, die benötigte Betriebszeit bei der für den Standort geltenden Aussen-temperatur zu bestimmen. Über die ermittelte Betriebszeit und die Öleinspritzmenge wird der Tagesenergiebedarf berechnet.

Der Tagesenergiebedarf ist eine gute Grösse, um die Leistung der neuen Wärmepumpenheizung zu bestimmen. Dabei sind die Sperrzeiten des zuständigen Elektrizitätslieferanten zu berücksichtigen.

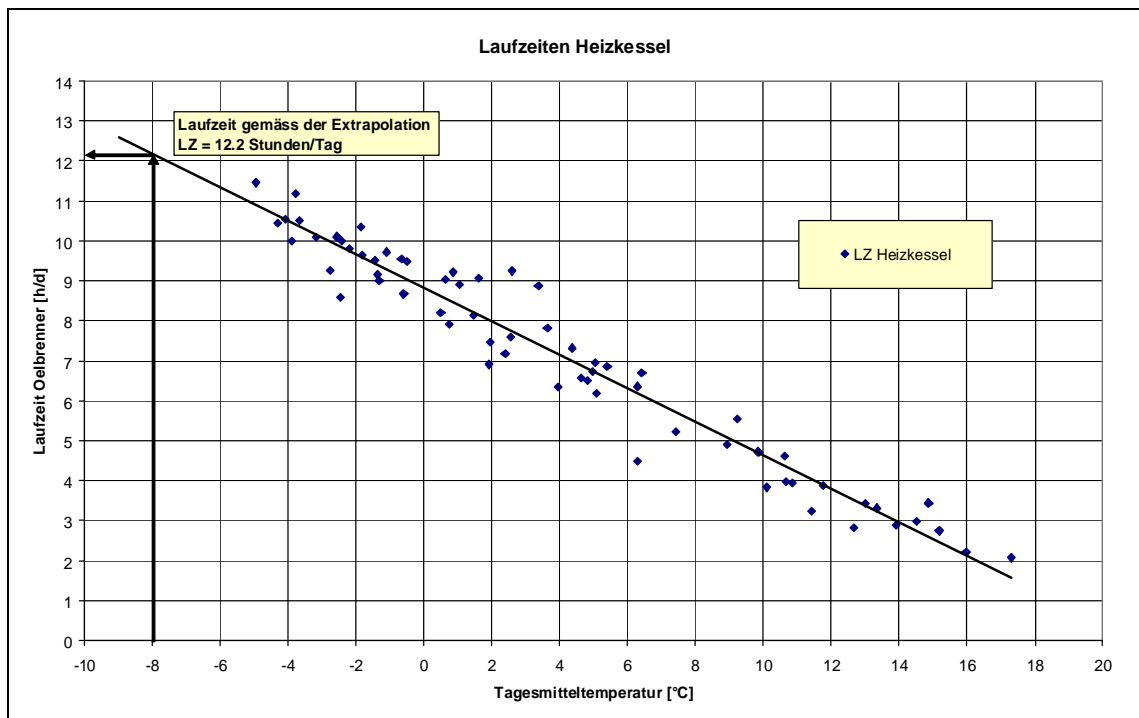


Abb. 1

Im Bild ist bei -8 [°C] Dimensionierungstemperatur mittels der Regressionsgeraden die Tageslaufzeit von 12.2 Stunden ermittelt worden.

Dimensionierung

Ev. muss noch die Warmwasserbereitung (WW) einbezogen werden, sofern diese nicht bereits mit dem bestehenden Heizkessel erfolgt und im Energieverbrauch enthalten ist. Muss die WW-Bereitung in den Energieverbrauch integriert werden, kann entweder die benötigte Energiemenge (mittlerer Verbrauch/Anzahl Personen) berechnet werden, oder man dimensioniert den Heizwärmebedarf und macht den Zuschlag direkt auf die WP-Leistung und die Wärmequelle.

$$Q_{WWa} = \frac{AP * m * \Delta T * 365 * cp}{3.6} \text{ [kWh/a]}$$

Q_{WWa} = Warmwasserbedarf pro Jahr

AP = Anzahl Personen im Haushalt

m = mittlerer Verbrauch pro Person und Tag (ca. 35 – 50 Liter/d)

ΔT = Differenztemperatur Kalt- und Warmwasser (Kaltwasser ca. 10 °C)

cp = spezifische Wärmekapazität von Wasser (4.18 kJ/kg K)

Damit der über den Öl- oder Gasverbrauch berechnete Energieverbrauch dem Gebäudebedarf entspricht, muss der Wert noch mit dem mittleren Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung korrigiert werden.

Bestimmung des approximativen Gebäude-Jahresenergiebedarfs Q_a :

$$Q_a = B_a * H_u * \eta_a \text{ [kWh/a]}$$

B_a = Jahresölverbrauch [Liter/a], spez. Gewicht von Heizöl EL 1 kg = 1.187 Liter
 H_u = unterer Heizwert für Heizöl EL, Wert 10.0 [kWh/Liter], entspricht 35.97 [MJ/lit]
 η_a = Jahreswirkungsgrad, Anlagenzustand gut $\eta_a = 0.85$, eher schlecht $\eta_a = 0.70$

Bei Heizungsanlagen mit Erdgasfeuerung ist der Energiebedarf meistens in [kWh/a], gemäss Abrechnung, bekannt. Somit muss der Wert nur noch mit dem Wirkungsgrad, der zwischen 0.9 und 0.95 liegt, multipliziert werden, um den effektiven Gebäude-Jahresenergiebedarf zu erhalten.

Die Leistungsdimensionierung erfolgt über die Jahresbetriebsstunden der Wärmepumpe. Die Heizleistung Q_h der Wärmepumpe wird, wie folgt, berechnet:

$$Q_h = \frac{Q_a}{2000} \quad \text{[kW]} \quad \text{für reinen Heizbetrieb}$$

$$Q_h = \frac{Q_a + Q_{WWa}}{2200} \quad \text{[kW]} \quad \text{für kombinierten Betrieb, inkl. WW-Bereitung}$$

Liegt eine messtechnische Analyse vor, kann der Tagesenergiebedarf durch die mögliche max. Tageslaufzeit der Wärmepumpe unter Berücksichtigung der Sperrzeiten dividiert werden, um die benötigte Wärmepumpenleistung zu erhalten.

Als Kontrolle kann der ermittelte Wert als spezifischer Leistungswert pro beheizte Gebäudefläche EBF (W/m^2_{EBF}) berechnet werden.

Die diesbezüglichen Vergleichswerte liegen für Sanierungsobjekte bei:

- gut isoliertes Gebäude 30 - 40 [W/m^2_{EBF}]
- mittel isoliertes Gebäude 45 - 55 [W/m^2_{EBF}]
- schlecht isoliertes Gebäude 60 - 70 [W/m^2_{EBF}]

4. Wärmequellen

Die Wärmequelle ist grundsätzlich ein bedeutender Teil der Wärmepumpenanlage. Es ist nicht in jedem Fall grundlegend klar, welche Wärmequelle für die geplante Wärmepumpenanlage gewählt werden kann. Eine Erdwärmesondenanlage, wie auch eine Wassernutzung, sind bewilligungspflichtig und können nicht überall eingesetzt werden. Die Vorschriften über Grundwasser sowie auch geologische Unterschiede können ungünstig sein, so dass die Realisierung solcher Wärmequellen nicht möglich ist.

Es sind aber auch Voraussetzungen beim Sanierungsobjekt, wie unmögliche Zufahrt oder zuwenig freier Platz auf dem eigenen Grundstück, die es verunmöglichen, eine Erdwärmesondenanlage zu planen. Weiter können auch finanzielle Gründe den Ausschlag geben, dass keine Erdwärmesondenanlage in Frage kommt.

Luft als Wärmequelle ist überall vorhanden und kann praktisch immer eingesetzt werden. Hier sind es vielmehr die Schallemissionen, die berücksichtigt werden müssen und die allenfalls zu Einschränkungen führen können. In Überbauungen, speziell bei Anlagen mit verdichteter Bauordnung, ist auch bei Wärmequellen mit Aussenluft bei der Planung entsprechende Vorsicht geboten. Fragen, wo ist der nächste Nachbar, wo ist das Schlafzimmerfenster und wo befindet sich der eigene und des Nachbarn Aussensitzplatz, sind

von zentraler Bedeutung und müssen unbedingt in der Planungsphase geklärt werden. Sofern auch nur ansatzweise Fragezeichen zum Problem Schallemissionen gegeben sind, sollten diese Punkte genauestens hinterfragt werden. Viele der Fragestellungen werden im Schallhandbüchlein der FWS (Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz in Bern) behandelt.

5. Hydraulische Einbindung

Eine bestehende Heizungsanlage mit Heizkessel hat, wenn sie älteren Datums ist, noch eine separate Heizungsregulierung. Da alle Wärmepumpen mit Regulierungen ausgerüstet sind, die mindestens 1 - 2 Heizgruppen direkt regulieren können, wird die alte Regulierung nicht mehr benötigt. Sofern nicht mehr geregelte Heizkreise vorhanden sind, werden keine externen Komponenten mehr benötigt, da die Regelung direkt von der Wärmepumpe aus erfolgt.

Es ist auch zu prüfen, ob eine Kompakt-Wärmepumpe mit integrierter Umwälzpumpe eingesetzt wird. In diesem Fall wird auch die vorhandene Umwälzpumpe nicht mehr benötigt.

Wenn die bestehende Heizungsanlage Radiatoren für die Wärmeabgabe hat, sollte ein Speicher eingebaut werden, der den Wasserinhalt der Anlage vergrössert. Für ein mittleres EFH genügt ein Speicherinhalt von 400 – 700 lt. Dieser Speicher kann bei einer Heizgruppe problemlos als Seriespeicher eingebaut werden. Bei Flächenheizungen (Bodenheizungen) oder mehrheitlich mit Flächenheizung ausgerüsteten Gebäuden ist ein Speicher nicht notwendig.

Wenn die Anlage mehrere Heizgruppen hat, ist es besser, zwecks hydraulischer Trennung einen technischen Speicher parallel zwischen Vor- und Rücklauf einzubauen.

Die Speicherbewirtschaftung erfolgt normalerweise im Umlaufverfahren. Im Spezialfall, wenn immer Heizwasser mit bestimmter Temperatur verfügbar sein muss, ist ein Schichtspeichersystem mit entsprechender Laderegelung vorzusehen. Bei dieser zweiten Lösung hat die Wärmepumpe entsprechend der dauernd hohen Heiztemperaturanforderung eine schlechtere Effizienz.

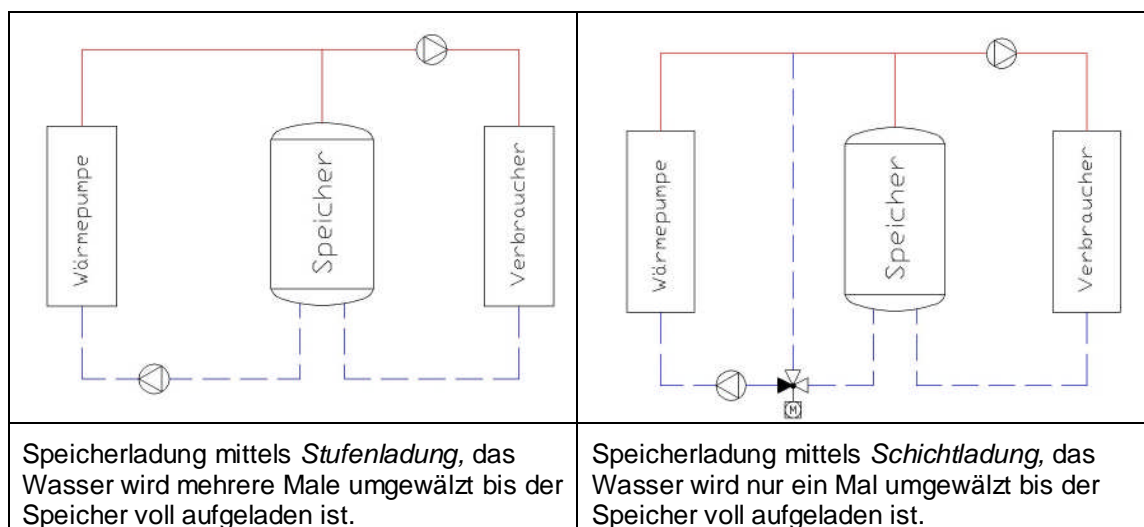


Abb. 2

Es ist zu beachten, dass der Massenstrom vom WP-Kreislauf immer grösser sein muss als im Verbraucherkreislauf.

$$m_{WP} > m_{Verbraucher}$$

6. Systemtemperaturen

Eine zweite wichtige Komponente, die für eine reibungslose Sanierung vorausgesetzt werden muss, ist die benötigte Heiztemperatur. Diese kann ebenfalls nicht ohne zusätzliche Anstrengungen ermittelt werden, da die meisten Anlagenbetreiber die Heiztemperaturzuordnung nach Aussentemperatur nicht kennen.

Die auf dem Regler eingestellte Heizkurve gibt zwar einigermaßen brauchbare Hinweise. Diese sind aber nicht in jedem Fall klar zu verifizieren. Zudem ist die Einstellung von Parallelverschiebungen und Absenkungen nicht immer nachvollziehbar. Ist die benötigte Heiztemperatur eher hoch (60 - 65°C), ist es ratsam, die Anlage etwas genauer zu hinterfragen. Es könnte sein, dass nur 1 - 2 Räume diese hohe Temperaturanforderung benötigen und mit dem Austausch von diesen Heizkörpern durch grössere Modelle das Problem entschärft wird. Als Reaktion auf hohe Heiztemperaturen können Massnahmen im Bereich der Bauhülle (Fensterersatz, Fassadenisolation etc.) dienen. Wenn ohnehin in den nächsten Jahren die Sanierung der Bauhülle oder Teilen davon ansteht, können längerfristig tiefere Heiztemperaturen angestrebt werden. Diese Massnahmen bewirken dann direkt tiefere Heiztemperaturen.

7. Regulierung

Die neue Regulierung ist im Normalfall direkt im Wärmepumpen-Regler enthalten. Die Regulierung muss nur angepasst oder ergänzt werden, wenn mehr als zwei Heizgruppen oder sonst – wie zusätzliche Bedürfnisse, z.B. passive Kühlung, anstehen.

Vorsicht beim Abändern von Standard-Regulierungen, da sowohl Servicetechniker, wie auch andere Regelspezialisten ev. die Anpassungen nicht beachten!

Bei Objekten mit einem eindeutigen Hauptraum (grosser offener Wohnbereich) ist eine Raumkompensation, die direkt auf die Regulierung wirkt, zu empfehlen. Sie bringt nicht nur eine Komfortsteigerung, sondern auch eine kleine Steigerung der Effizienz (gemäss FAWA-Studie; Feldanalyse an Kleinwärmepumpe FAWA des Bundesamts für Energie Bern).

8. Betriebsart der Anlage

8.1 Monovalenter Betrieb

Beim monovalenten Betrieb ist die benötigte Wärmepumpenleistung im Dimensionierungspunkt (Aussentemperatur nach SIA 384/2 und Heiztemperatur) zu gewährleisten.

8.2 Bivalenter/Monoenergetischer Betrieb

Bei Kleinanlagen (bis 20 - 25 kW) ist ein bivalenter Betrieb mit einer zweiten Wärmeerzeugung (Öl- oder Gasheizkessel) nicht zu empfehlen. Die Anlagekosten sind hoch, und der im Parallelbetrieb zu deckende Energieanteil ist klein.

Es ist deshalb entweder ein monovalenter Betrieb mit entsprechender Anlagendimensionierung oder ein monoenergetischer Betrieb anzustreben.

Beim monoenergetischen Betrieb, wo die fehlende Heizleistung mit einem Elektroheizregister (ohmsche Direktheizung) erzeugt wird, ist darauf zu achten, dass der Bivalenzpunkt nicht zu hoch angesetzt wird. Er sollte nicht höher als ca. -4 bis -5°C (ausnahmsweise -3 °C) sein, da sonst der Energiebedarf des Elektroheizregisters zu gross wird. Dies senkt den Gesamtsystemnutzungsgrad bedeutend.

Bei vielen Anlagen, die monoenergetisch ausgerüstet sind, wird die Leistung des Elektroheizregisters praktisch nie benötigt. Gemäss FAWA-Studie ist der Anteil bei den analysierten Anlagen (über 100 Stück) kleiner als 1,5% der gesamten Wärmeerzeugung. Dies deutet darauf hin, dass diese Zusatzheizungen in vielen Fällen nur für die Notbeheizung eingesetzt werden. In diesem Fall wäre es vorteilhaft, wenn der Betrieb des Elektroregisters mit Handschalter gesperrt wird oder ev. die Sicherungselemente ausgeschaltet werden.

9. Gesamtsystem

Das Gesamtsystem Wärmepumpe, Warmwasserbereitung und Wärmeverteilung muss immer aufeinander abgestimmt sein. Dies bedeutet, dass bereits bei der Bestimmung der Wärmepumpe die Frage der Kältemittelwahl ein wichtiger Parameter für das Gesamtsystem darstellt. Ebenfalls ist die Wahl der Wärmequelle eine zentrale Frage, die für die Dimensionierung und das Betriebskonzept wichtige Voraussetzungen darstellt.

10. Abhängigkeit vom Gebäude

Das Gebäude und damit der benötigte Heizwärmebedarf ist zwar vorgegeben. Da diese Gebäude oft ein Alter von über 10-15 Jahren haben, ist die Gebäudehülle nicht mehr auf dem aktuellen Zustand. Dies bedeutet, dass ev. gleichzeitig oder in den kommenden Jahren am Gebäude ebenfalls Veränderungen geplant sein können. Viele dieser Veränderungen, wie Sanierung der Aussenfassade, Fensterersatz, Dachsanierungen etc. haben einen direkten Einfluss auf den Gebäudewärmebedarf.

Man sollte deshalb unbedingt über geplante Gebäudesanierungen und deren Zeithorizont mit dem Besitzer diskutieren. Bei kurz anstehenden Gebäudesanierungen (innerhalb 2 - 3 Jahren) könnte man die Leistung der Wärmepumpe entsprechend anpassen und für die Übergangsfrist zusätzlich einen Elektroheizeinsatz (monoenergetische Lösung) vorsehen.

11. Ausführungshinweise

Beim Ersatz der bestehenden Wärmeerzeugung ist der Unterbruch zwischen der Demontage von der alten Anlage bis zur Inbetriebnahme der neuen Anlage möglichst kurz zu halten oder ausserhalb der Heizsaison durchzuführen. Am wichtigsten ist die Warmwasserbereitstellung, die mit kleinst möglichem Unterbruch abzuwickeln ist.

Wenn die alte Anlage einen Öltank hatte, wird dieser mit der Wärmepumpenanlage nicht mehr benötigt. Der Öltank muss gemäss Vorschriften stillgelegt werden (leeren und reinigen) oder, wenn der Besitzer den Tankraum anderweitig nutzen möchte, nach dem Leeren und Reinigen durch eine ausgewiesene Fachfirma zerlegt und demontiert werden. Der Gewinn eines zusätzlichen Raumes im Untergeschoss ist oft ein wichtiges Argument für die Entscheidung zu einer Wärmepumpenlösung.

a) Wärmequellenanlage

- Platzverhältnisse und Zugänglichkeit abklären
- Bestehende Werkleitungen beachten
- Bei Aussenluft Umgebung beachten, Nachbar, Schlafzimmer, Aussensitzplatz
- Hydrogeologisches Gutachten und Bewilligungen einholen
- Zuleitungen ins Gebäude für Wasser- und Erdwärmesonden festlegen, inkl. Durchführungen in der Aussenwand (speziell auch bei Luft/Wasser-Wärmepumpen)
- Abklärung der Bedürfnisse, Kostenfrage, Aufstellung etc.

b) Wärmepumpenanlage

- Genaue Abklärung der benötigten Leistung (Energiebedarf)
- Beurteilung des Wärmeabgabesystems (spez. Heiztemperaturen)
- Organisieren und Koordinieren der Inbetriebsetzung
- Übergabe und Instruktion der zuständigen Personen

c) Diverse Arbeiten

- Demontage der Heizkesselanlage, samt Feuerung und Leitungen
- Stilllegung und allfällige Demontage der Öltankanlage

d) Bauseitige Arbeiten

- Abklärung des Elektroanschlusses (genügender Leistungsbedarf)
- Koordination und Ausführung der Nebenarbeiten wie Elektroinstallation, Leitungsgräben, Mauerdurchbrüche, Malerarbeiten etc.