Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 10

Artikel: Untersuchung einer Grundwasser-Wärmepumpenanlage

Autor: Schmid, C. / Steiner, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904617

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Untersuchung einer Grundwasser-Wärmepumpenanlage

C. Schmid und H. Steiner

Die Literatur liefert noch wenige gute Anhaltspunkte über das wirkliche Verhalten von Wärmepumpen, insbesondere über tatsächliche Jahresleistungszahlen. Aus diesem Grund führte das EW von Malters, die Steiner Energie AG, Messungen an einer ausgeführten Anlage durch, welche sich über eine halbe Heizperiode erstreckten. Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse konnten verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

La litérature ne fournit encore que peu de points de repère en ce qui concerne le comportement réel des pompes à chaleur, notamment sur le coéfficient effectif de performance par an. Pour cette raison, l'entreprise d'électricité de Malters, la Steiner Energie SA, a effectué, pendant une demi-période de chauffage, des mesures sur une installation en service. Sur la base des résultats acquis, différentes possibilités d'amélioration ont pu être mises en évidence.

1. Anlagebeschreibung

Die Wärmepumpenanlage (siehe Schema Fig. 1) dient der Beheizung eines gut isolierten Wohn- und Geschäftshauses, Baujahr 1981. Die Grundwasserpumpe fördert Grundwasser von konstant 9 °C zur Wärmepumpe. Diese besitzt einen halbhermetischen 6-Zylinder-Kompressor und verwendet R22 als Kältemittel. Die Leistungsregelung erfolgt durch Zylinderentlastung in drei Stufen. Bei 0 °C Verdampfungstemperatur und 45 °C Vorlauftemperatur beträgt die Nennheizleistung 38,4 kW und die Stromaufnahme 14,7 kW. Die Mehrzahl der Räume wird mittels Fussbodenheizung beheizt. Die Wassererwärmung erfolgt unabhängig von der Heizanlage.

2. Versuchseinrichtung

Die gelieferte Heizwärme wurde mit einem Wärmezähler nach dem Ultraschallprinzip und die elektrische Energie mit zwei Elektrozählern gemessen. Es hat sich gezeigt, dass letztere eine Belastung durch die Kurbelwannenheizung allein nicht zu registrieren vermögen. Dieser Tatsache wurde bei der Auswertung Rechnung getragen. Im weiteren wurde jede WP-Stufe mit Betriebsstunden- und Impulszählern ausgerüstet.

3. Versuchsauswertung

Die Messwerte wurden wöchentlich erhoben. Die Abgrenzung der Wärmepumpenanlage wird gemäss der strichpunktierten Kontrollfläche (Fig. 1) vorgenommen und schliesst somit folgende Nebenantriebe ein:

- Grundwasserpumpe, Stromaufnahme 1,1 kW
- Hauptpumpe, Stromaufnahme 110 W, Dauerbetrieb, etwa 80% der aufgenommenen Energie werden ans Heizwasser weitergegeben
- Kurbelwannenheizung, Stromaufnahme 70 W, Dauerbetrieb bei Kompressorstillstand.

Die Leistungszahlen ε_{Wo} in den Wochen-Messintervallen ergeben sich aus der Heizenergie Q_{hWo} und der aufgenommenen elektrischen Energie W_{elWo}:

$$\varepsilon_{Wo} = \frac{Q_{hWo}}{W_{elWo}}$$

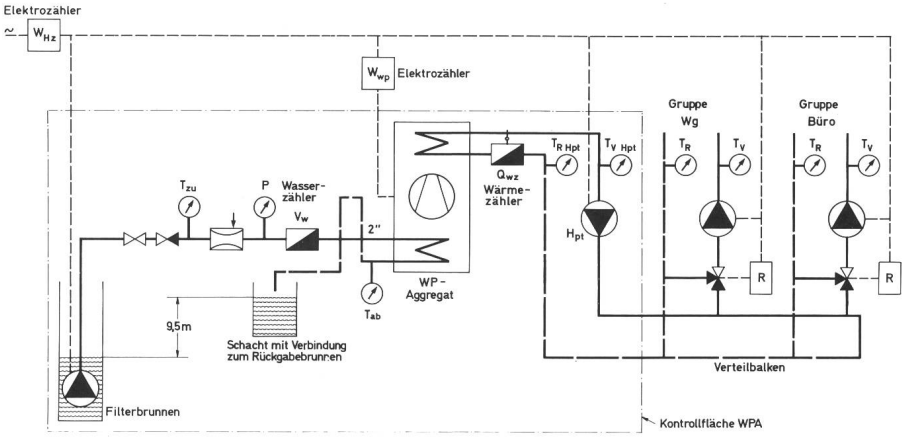

Fig. 1 Schaltschema der Wärmepumpenanlage

Adresse der Autoren
Christoph Schmid, Hans Steiner, Steiner Energie AG, Mühlering 5, 6102 Malters

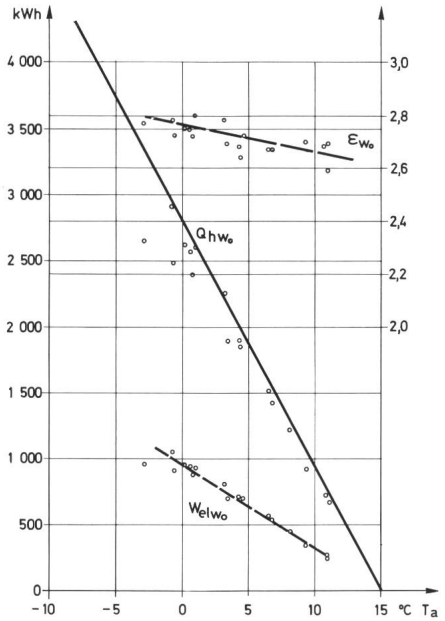

Fig. 2 Betriebscharakteristik der Wärmepumpenanlage

Analog wird die Jahresleistungszahl ermittelt:

$$\varepsilon_a = \frac{\Sigma Q_{hWo}}{\Sigma W_{elWo}}$$

Die Messperiode von 20 Wochen ist die zweite Hälfte der Heizperiode 1983/84 und somit repräsentativ für die ganze Heizperiode.

Die Resultate wurden über der mittleren Aussentemperatur T_a im betrachteten Messintervall aufgetragen (Fig. 2 und 3).

4. Resultate

Aus Figur 2 lässt sich mittels Extrapolation der Wärmeleistungsbedarf des Hauses bei der Norm-Aussentemperatur (SIA 384/2) von −8 °C zu etwa 4300 kWh/Woche bzw. 25,6 kW bestimmen. Die Nennleistung der Anlage ist somit 1,5mal so gross wie der Wärmeleistungsbedarf.

Die Wochenleistungszahlen ε_{Wo} haben mit zunehmender Aussentemperatur leicht sinkende Tendenz. Diese erstaunliche Erscheinung dürfte folgende Ursachen haben:

- eine überdimensionierte Grundwasserpumpe, deren Leistungsbedarf bei Teillast stark ins Gewicht fällt
- eine relativ flache Heizkurve: die Hauptvorlauftemperatur beträgt 28 bzw. 40 °C bei einer Aussentemperatur von +15 bzw. −5 °C
- die Wirkungsgrade von Motor und Kompressor sind bei Teillast geringer als bei Vollast.

Der Jahresstromverbrauch der Wärmepumpenanlage betrug 25 000 kWh und die Jahresleistungszahl ε_a = 2,72. Die Jahresleistungszahl einer Wärmepumpe kann mit dem Jahreswirkungsgrad von Heizkesseln verglichen werden.

Der Jahresstromverbrauch gemäss Heizungs-Elektrozähler ist etwas grösser, da er zusätzlich noch die Verteilung umfasst (je zwei Umwälzpumpen, Regler, Mischventile usw.). Dieser Verbrauch schlüsselt sich wie folgt auf:

- Wärmepumpenanlage:	
Grundwasserpumpe	17,2%
Hauptpumpe	2,6%
Kurbelwannenheizung	0,6%
WP-Aggregat in Betrieb	74,5%
- Verteilung	5,1%
	100 %

Der Hochtarifanteil (6–22 Uhr) beträgt im Jahresmittel 65% (Fig. 3).

Daneben sind noch Momentanwerte der Leistungszahl ohne Nebenantriebe (Grundwasserpumpe, Hauptpumpe, Kurbelwannenheizung) bestimmt worden. Die Wärmepumpe arbeitet aber ausserhalb des Vorlauftemperaturbereichs und kaum auf der dritten Stufe, für welche Werkangaben vorliegen. Soweit unter diesen Umständen überhaupt ein Vergleich möglich ist, konnte Übereinstimmung mit den Werkangaben festgestellt werden.

Figur 3 zeigt die relativen Laufzeiten t_r (Laufzeit der betreffenden Stufe/Dauer des Wochenmessintervalls). Die Laufzeit der ersten Stufe ist mit der Motorlaufzeit identisch und beträgt für die ganze Heizperiode 4098 h. Die relative Motorlaufzeit in der Heizperiode (Laufzeit/Dauer der Heizperiode) beträgt 64%. Die relative Motorlaufzeit entspricht der Brennerauslastung bei Heizkesseln. Der Wert ist infolge der Dreistufigkeit hoch.

Die geringe Laufzeit der dritten Stufe ist eine Folge der Überdimensionierung der Anlage. Auf die dritte Stufe könnte praktisch verzichtet werden. Bei der Leistungsregelung durch Zylinderentlastung laufen die nicht benötigten Kolben jedoch dauernd mit und verursachen Reibungsverluste.

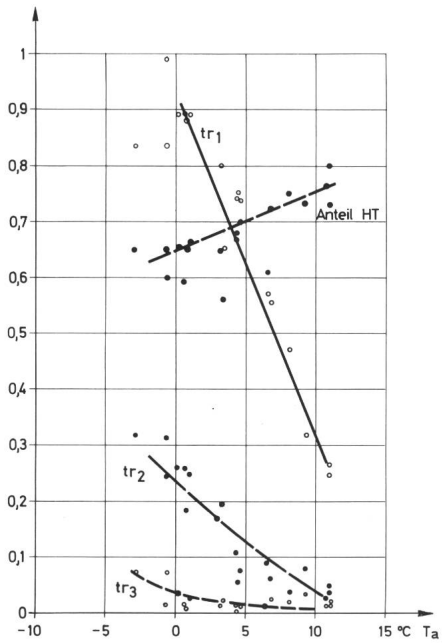

Fig. 3 Relative Betriebszeiten t_r der drei Stufen und Hochtarifanteil

Der Motor schaltet bei mittleren Aussentemperaturen von 2–5 °C am häufigsten ein: etwa einmal pro Stunde. Bei höheren Temperaturen wird die Wärmepumpe seltener gebraucht, bei tieferen läuft die erste Stufe fast dauernd. Das Fehlen eines Pufferspeichers wirkt sich somit dank der Speicherwirkung der Fussbodenheizung kaum als Nachteil aus.

5. Verbesserungsmöglichkeiten

Die geförderte Grundwassermenge ist unnötig gross, damit auch die Leistungsaufnahme der Grundwasserpumpe. Bei Reduktion des Durchflusses von jetzt 119 l/min auf 70 l/min liegt die Grundwasserabkühlung immer noch unter 4 K. Gleiche Motor- und Pumpenwirkungsgrade vorausgesetzt, lässt sich dann eine Reduktion der Pumpenstromaufnahme von 65% erzielen. Wenn die Verdampfungstemperatur von der Mengenreduktion nicht beeinflusst würde, so ergäbe sich eine neue Jahresleistungszahl von 3,08 (anstatt 2,72). Beide Annahmen sind nur näherungsweise zutreffend, so dass dieser Wert nicht ganz erreicht werden kann. Die beschriebene Verbesserung dürfte sich zu einem grossen Teil schon erreichen lassen durch Entfernung von 2 der 6 Pumpenstufen und Ersatz durch Blindstufen.