



Wärmequellennutzung Grundwasser

Inhalt

- 1. Einführung**
- 2. Querhinweis auf Normen und andere Schriftstücke**
- 3. Nutzungsarten**
 - 3.1. Direktnutzung**
 - 3.2. Indirekte Nutzung**
- 4. Werkstoffe/Wärmeträgermedium/Durchflussmengen**
 - 4.1. Wahl der Werkstoffe**
 - 4.2. Wärmeträgermedium/Konzentration**
 - 4.3. Durchflussmengen**
- 5. Entzugsleistung**
- 6. Überwachung der Wärmequellennutzungsanlage**
- 7. Auswahl bzw. Dimensionierung der Anlageteile**
- 8. Betriebsart der Anlage**
- 9. Heizsystemtemperatur**
- 10. Prinzip-Schema**
- 11. Ausführungshinweise**
- 12. Auslegungsbeispiele**

1. Einführung

Das vorliegende Merkblatt enthält dem Stand der Technik entsprechende Informationen über Wärmepumpenheizungsanlagen mit Grundwasser als Wärmequelle. Es soll dem Planer die nötigen Anhaltspunkte für die Auslegung der Wärmequellenanlage vermitteln. Basis der Informationen bilden die Praxiserfahrungen der GKS-Mitglieder, die Messresultate von Pilotanlagen sowie die Ergebnisse von wissenschaftlichen Untersuchungen im Auftrag diverser kantonaler Ämter. So wurden beispielsweise im Rahmen des Projekts «Wärmebilanz Grundwasser» im Untersuchungsgebiet des mittleren Emmentals tiefere Erkenntnisse über die Gesetzmässigkeiten und Zusammenhänge im Wasserhaushalt eines definierten Grundwassergebietes gewonnen.

Die Untersuchungsergebnisse sind vielversprechend. Dem Einsatz von Grundwasser-Wärmepumpen stehen keine land- oder forstwirtschaftlichen Bedenken gegenüber. Zu recht wird die Schweiz unter Wasserfachleuten als «Wasserschloss Europas» bezeichnet. Die Wärme des Grundwassers kann als erneuerbare Energie einen Teil der herkömmlichen Energien ersetzen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass Wärmepumpen überall und unkontrolliert eingesetzt werden können. Es gilt Folgendes zu beachten:

Die Sicherheit bei der Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle für Wärmepumpenheizungsanlagen muss in Bezug auf die Verunreinigung der Wärmequelle nach den drei Grundsätzen gewährleistet sein:

- > Die Nutzung (Entnahme und Rückgabe) des Grundwassers als Wärmequelle bedarf einer hydrogeologischen Abklärung und einer behördlichen Bewilligung.
- > Für die Planung und Ausführung der Wärmequellennutzungsanlage müssen unbedingt die entsprechenden Fachleute beizugezogen werden.
- > Im Interesse der Betriebssicherheit ist eine periodische Überwachung der Wärmequellennutzungsanlage unerlässlich.

2. Querhinweis auf Normen und andere Schriftstücke

> Für Oberflächenwasser siehe *Unterlagen für Planer Wärmequellennutzung Oberflächenwasser*.

SIA 386/6

> Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute BAFU

> VDI 4640 Blatt 1-5

> Allgemeine Hersteller Angaben

3. Nutzungsarten

Bei der Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle unterscheidet man zwischen einer Direktnutzung und einer indirekten Nutzung. Die entsprechenden Herstellerangaben sind unbedingt zu beachten, um Schäden an der Wärmepumpenanlage zu vermeiden.

3.1. Direktnutzung

Bei der Direktnutzung wird das Grundwasser der Wärmepumpe direkt zugeführt.

3.2. Indirekte Nutzung

Die indirekte Nutzung kommt heute mehrheitlich zur Anwendung.

Zwischen die Wärmepumpe und den Grundwasserkreislauf wird ein Wärmetauscher geschaltet (Zwischenkreislauf). Der Wärmeentzug aus dem Grundwasser erfolgt im Wärmetauscher.

Der Einsatz eines Zwischenkreislaufes ist begründet durch die chemisch/physikalische Zusammensetzung des Grundwassers (Verunreinigungen) oder dessen Temperatur sowie allfällige behördliche Vorschriften.

Sonderfall Oberflächenwasser

Für die Nutzung von Oberflächenwasser als Wärmequelle muss eine Bewilligung eingeholt werden und die behördlichen Vorschriften sind zu beachten. Für die Planung und Ausführung der Anlage sind zwingend erfahrene Fachleute beizuziehen. Für die Gewährung der Betriebssicherheit ist eine dauernde Überwachung und periodische Überprüfungen notwendig.

4. Werkstoffe/Wärmeträgermedium/Durchflussmengen

Die Wasserqualität und die Wassermengen können sich aufgrund von Umwelteinflüssen

verhindern – erkennen – zurückhalten

Planung, Ausführung und Überwachung einer Anlage zur energetischen Nutzung des Grundwassers bedingen den Beizug von hydrogeologisch sachkundigen Fachleuten.

ändern. Für die Wahl der richtigen Werkstoffe sind daher exakte Wasseranalysen aufgrund des hydrologischen Gutachtens unerlässlich.

4.1. Wahl der Werkstoffe

Alle Apparate, Armaturen, Rohrleitungen usw., die mit dem Grundwasser in Kontakt kommen, müssen gegen das Grundwasser, die eingesetzten Arbeitsmittel sowie die auftretenden thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen nachweisbar resistent sein.

4.2. Wärmeträgermedium/Konzentration

Bei der indirekten Nutzung wird im Zwischenkreislauf (zwischen der Wärmepumpe und dem Wärmetauscher) ein Frostschutzmittel als Wärmeträger eingesetzt.

Als Kältemittel und Wärmeträger sind die vom BAFU zugelassenen Produkte zu verwenden (Verordnung vom 1. Juli 1998 über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten; VWF).

Darüber hinaus sind wichtige Kriterien zu beachten:

- > Herstellerangaben über Wärmepumpen-, Wärmeträger- sowie über übrige Anlagekomponenten.
- > Die Stoffeigenschaften beeinflussen die Wärmeübertragung und damit die Arbeitszahl der Wärmepumpenheizungsanlage.
- > Die Viskosität beeinflusst in hohem Masse den Widerstand und damit die Aufnahmeleistung der Förderpumpe.
- > Das Wärmeträgermedium muss über eine lange Betriebszeit alterungsbeständig und korrosionsschützend gegenüber den verwendeten Werkstoffen sein (stabiles Langzeitverhalten).
- > Die Konzentration des Wärmeträgermediums (Mischungsverhältnis mit dem Wasser) verändert seine Stoffwerte beträchtlich. Sie führt zu einer grösseren Viskosität und zu einer Erhöhung des Durchflusswiderstandes in den Rohrleitungen und in den Wärmetauschern.
- > Die Konzentration des Wärmeträgermediums muss nach der tiefstmöglichen Verdampfungstemperatur der Wärmepumpe ausgelegt werden, wobei zusätzlich die Herstellerangaben des Wärmeträgerlieferanten in Bezug auf die minimale Konzentration zu beachten sind.

4.3. Durchflussmengen

Die Grundwassermenge ist nach der Normleistung W_{10}/W_{35} oder nach der maximalen Kälteleistung zu dimensionieren. Die Wärmepumpenhersteller geben in ihren Unterlagen die minimalen und maximalen Durchflussmengen an. Diese Grenzwerte sind unbedingt zu beachten, zumal eine zu geringe Durchflussmenge die Strömungsgeschwindigkeit und die Wärmeübertragungsleistung sowohl im Verdampfer der Wärmepumpe als auch im Zwischenkreislauf reduzieren. Infolge zu hoher Strömungsgeschwindigkeiten können im Wärmetauscher Erosionen auftreten.

5. Entzugsleistung

Als Basis für die Festlegung der Entzugsleistung gilt die Kälteleistung der Wärmepumpe bei W_{10}/W_{35} , wobei die örtlichen Temperaturschwankungen zu berücksichtigen sind. Die effektive Grundwasserentnahmemenge muss aufgrund der Betriebsbedingungen bestimmt werden.

Die Grundwasserfassung richtet sich nach der Nutzungsart und nach den örtlichen Gegebenheiten. So sind auch die Bewilligungsanforderungen unterschiedlich. Sie werden von den kantonalen Behörden aufgrund der gemachten Erfahrungen laufend angepasst.

Das Grundwasser ist mengenmässig zu erhalten. Deshalb ist das abgekühlte Grundwasser dem gleichen Vorkommen so nahe wie hydraulisch möglich in der Flussrichtung wieder zuzuführen. Die vorgeschriebene minimale Rückgabetemperatur (in der Regel 4°C) darf nicht unterschritten werden.

6. Überwachung der Wärmequellennutzungsanlage

Die Wärmequellennutzungsanlage ist periodisch von einer Fachfirma in Bezug auf die Funktion, die Dichtheit, die Korrosionsbeständigkeit sowie auf die bleibende Konzentration (Zwischenkreislauf), Zersetzung und Verschlämmung kontrollieren zu lassen.

Bei der Prüfung und beim Unterhalt dürfen keine wassergefährdenden Flüssigkeiten unkontrolliert austreten und das Wasser bzw. die Umwelt verschmutzen. Die kantonalen Vorschriften sind zu beachten.

- > Strömungswächter und Frostschutzwächter

7. Auswahl bzw. Dimensionierung der Anlagenteile

Der für die Dimensionierung der Anlagenteile erforderliche Volumenstrom ergibt sich aus den grundwasserseitig zu berücksichtigenden Temperaturdifferenzen; in der Praxis hat sich ein Wert von 5K bewährt. Allerdings sind die minimalen Rückgabetemperaturen ebenfalls zu beachten (Frostschutz und behördliche Richtlinien).

Bei der Auswahl der Anlagenkomponenten im Grundwasserkreis ist besonders der allenfalls notwendigen periodischen Reinigung Beachtung zu schenken. Es ist zwingend ein entsprechender Filter einzusetzen.

8. Betriebsart der Anlage

Da das Grundwasser in der Regel über das ganze Jahr zur Verfügung steht, ist der monovalente Betrieb der Wärmepumpenheizungsanlage die energetisch sinnvollste Betriebsart. Es ist in jedem Fall darauf zu achten, dass sich der Verdampfer im Stillstand nicht entleert und dass die Leitungen frostsicher verlegt werden.

9. Heizsystemtemperatur

Im Interesse der Wirtschaftlichkeit soll die Heizsystemtemperatur niedrig gewählt werden.

10. Prinzip-Schema

Siehe Abbildungen unten.

Direkte Nutzung

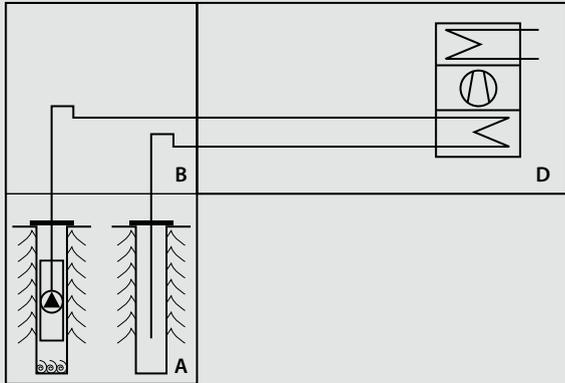


Abb. 1

Indirekte Nutzung

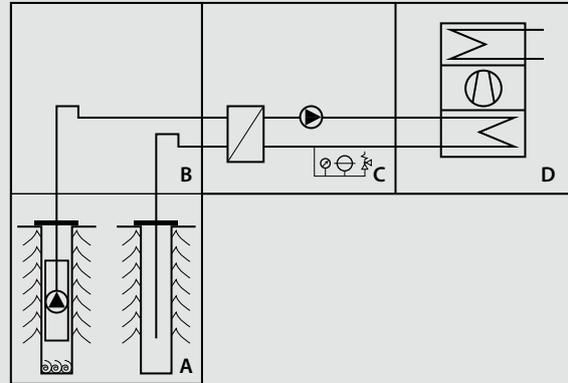


Abb. 2

A Wärmequellenanlage

Erstellen der Entnahme- und Rückgabeburgen
 Evtl. Grundwasserpumpe

B Verbindungen

Entnahme- und Rückgabeleitungen
 Graben und Durchbrüche

C Zwischenkreislauf

Evtl. Grundwasserpumpe
 Erstellen des Zwischenkreislaufes
 Inkl. Wärmeträger

D Wärmepumpe

Lieferung/Montage

Bohrunternehmung

Installationsfirma evtl. Baumeister

Installationsfirma

Hersteller/Installateur

11. Ausführungshinweise

a) Wärmequellenanlage

- > Platzverhältnisse und Zugänglichkeit abklären
- > Bestehende Werkleitungen beachten
- > Geologisches Gutachten für Bohrbewilligung einholen
- > Minimale Wassertemperatur beachten, Wasserqualität überprüfen (Wasseranalyse)
- > Schmelz-/Oberflächenwasser beachten
- > Bohrpositionen ausmessen und markieren
- > Wasser- und Elektroanschluss erstellen
- > Haftpflichtversicherung abschliessen

b) Leitungen zu Entnahme- und Rückgabebrunnen

- > Möglichst kurze Leitungsdistanz wählen
- > Grabentiefe unter Frostgrenze legen
- > Grabensohle entwässern
- > Leitungen in Sandschicht einbetten (Beschädigungsgefahr)
- > Überdeckung erst nach Druckprobe vornehmen

c) Aussenmontage

- > Zugänglichkeit der Brunnen sicherstellen
- > Mauerdurchbrüche isolieren und gegen Wasser abdichten

d) Innenmontage

- > Alle Leitungen, Pumpen und Armaturen gegen Korrosion schützen
- > Evtl. Tropfschalen montieren
- > Körperschallübertragung vermeiden

e) Wärmedämmung

- > Dampfdiffusionsdichte Ausführung
- > Genügend Dämmstärke zur Verhinderung des Schwitzwassers

f) Bauseitige Arbeiten

- > Koordination und Ausführung der Leitungsräben, Mauerdurchbrüche und Brunnenschächte
- > Zuschüttung der Gräben und schliessen der Mauerdurchbrüche nach den Montagearbeiten

12. Auslegungsbeispiele

Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpenheizungsanlage wird von den Randbedingungen und von der Auslegung der Wärmequellenanlage wesentlich beeinflusst. Eine Optimierung bezüglich der Wärmetauscher und der Leitungsquerschnitte ist unbedingt erforderlich.

Die folgenden Beispiele zeigen den Einfluss auf die momentane Leistungszahl und damit auch auf die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpenheizungsanlage.

Gegeben: Mehrfamilienhaus

Wärmeleistungsbedarf	35 kW
Max. Vorlauftemperatur	50 °C
Minimale Grundwassertemperatur	+ 9 °C
Minimale Austrittstemperatur	+ 4 °C

Variante Direktnutzung

Auslegung Wärmepumpe	
Heizleistung	35 kW
Leistungsaufnahme Wärmepumpe bei W ₉ /W ₅₀	6.5 kW
Leistungsaufnahme WQ-Anlage	0.75 kW
Kälteleistung (Entzugsleistung) bei W ₁₀ /W ₃₅	28.5 kW
Leistungszahl Wärmepumpe (35/6.5 kW)	
	5.4
Leistungszahl Wärmepumpe-Anlage (35/6.5 + 0.75 kW)	
	4.8

Variante indirekte Nutzung (Zwischenkreis)

Auslegung Zwischenkreis (mit mindestens 20% Antifrogen N)	
Grundwasser Ein/primär	+ 9 °C
Grundwasser Aus/primär	+ 4 °C
Sole Ein/sekundär	+ 7 °C
Sole Aus/sekundär	+ 3 °C
Heizleistung Wärmepumpe S ₇ /W ₅₀	35 kW
Leistungsaufnahme Wärmepumpe bei S ₇ /W ₅₀	7.8 kW
Leistungsaufnahme WQ-Nutzungspumpe	0.75 kW
Leistungsaufnahme Förderpumpe Zwischenkreis	0.4 kW
Kälteleistung (Entzugsleistung) bei S ₇ /W ₃₅	27.9 kW
Leistungszahl Wärmepumpe (35/7.8 kW)	
	4.4
Leistungszahl Wärmepumpe-Anlage (35/7.8 + 0.75 + 0.4 kW)	
	3.9

- > Die Wärme wird dem Grundwasser meistens indirekt mit einem Wärmetauscher entzogen. Ein Zwischenkreislauf ist daher das Bindeglied zwischen Wärmepumpe und Grundwasser.
- > Das Grundwasser darf bei direkter und indirekter Nutzung als Wärmequelle nicht verunreinigt werden.
- > Zur Sicherung des Betriebs und der Qualität ist die Anlage periodisch zu überwachen.

Das Wichtigste auf einen Blick:

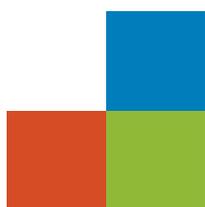
- > Apparate, Leitungen und Armaturen, die mit dem Grundwasser in Kontakt treten, müssen resistent gegen thermische, chemische und mechanische Beanspruchung sein.
- > Als Wärmeträger darf im Zwischenkreislauf nur ein von der Behörde zugelassenes Frostschutzmittel eingesetzt werden.
- > Die Leistung der Wärmeübertragung wird von der Durchflussmenge und der Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers beeinflusst.
- > Zur Dimensionierung der Wärmenutzungsanlage sind die Temperaturdifferenzen im Grundwasserfluss zu berücksichtigen; die Regel ist ein Gradient von 5 K.

Quellen für weitere Informationen

www.fws.ch

www.energieschweiz.ch

www.leistungsgarantie.ch



GebäudeKlima
Schweiz

Impressum

Herausgeberin
GebäudeKlima Schweiz
www.gebaeudeklima-schweiz.ch

Gestaltung
Walther & Partner AG

Unterlagen für Planer
Wärmequellennutzung
Grundwasser

Schweizerischer Verband für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik

Solothurnerstrasse 236 | Postfach | CH-4603 Olten | Telefon +41 (0)62 205 10 66 | Fax +41 (0)62 205 10 69

E-Mail: info@gebaeudeklima-schweiz.ch | Web: www.gebaeudeklima-schweiz.ch