

**T3**  
**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 AWP-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. Das bedeutet aber 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:

### **verhindern - erkennen - zurückhalten**

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 beigezogen werden.
- Im Interesse der Betriebssicherheit ist eine periodische Überwachung der Wärmequellennutzungsanlage unerlässlich.

## 2. Querhinweis auf Normen und andere Schriftstücke

- Für Oberflächenwasser siehe *Technisches Merkblatt AWP T4*.
- VDI 4640 Blatt 1 und 2
- Verordnung vom 1. Juli 1998 über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF)

## 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. Der Wärmeentzug erfolgt im Verdampfer der Wärmepumpe.

### 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.

## 4. Werkstoffe / Wärmeträgermedium / Durchflussmengen

Die Wasserqualität und die Wassermengen können sich aufgrund von Umwelteinflüssen 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 BUWAL 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 W10 / W35 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 W10 / W35, 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 Verschlammung 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.

### **7. Auswahl bzw. Dimensionierung der Anlageteile**

Die dynamische Verhaltensweise der Wärmepumpe erfordert eine optimale Anpassung der Anlageteile von der Wärmequellenanlage (WQ) bis zur Wärmenutzungsanlage (WN), zumal die Vorgänge in der WQ- und in der WN-Seite sehr eng mit jener in der Wärmepumpe als Wärmetransportmaschine verknüpft sind. Dies trifft insbesondere auch auf die Dimensionierung des Zwischenkreislaufes zu. Ihr ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, zumal die mittlere Temperaturdifferenz, die Durchflussgeschwindigkeit sowie die Stoffeigenschaften des verwendeten Wärmeträgers eine entscheidende Rolle spielen. Hinzu kommt, dass die Jahresarbeitszahl insbesondere bei kleinen Wärmepumpenheizungsanlagen zufolge des hohen prozentualen Anteils der elektrischen Aufnahmeleistung der Förderpumpen wesentlich beeinflusst wird.

Die Durchflussmengen und die Widerstände müssen zwischen dem Lieferanten der Wärmepumpe und jenem für den Wärmetauscher abgesprochen werden.

Wenn diese Aspekte gebührend beachtet werden, besteht Gewähr für die anlagebezogene, richtige Bestimmung der Grundwasser- bzw. Zwischenkreislaufförderpumpe.

## 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

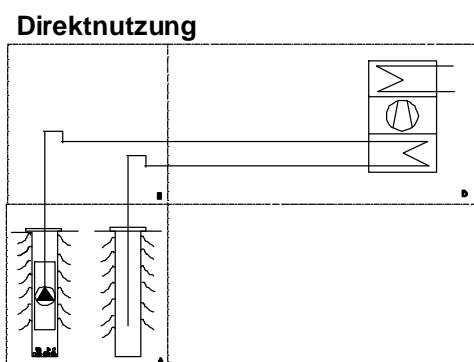


Abb. 1

### Legende

#### A Wärmequellenanlage

- Erstellen der Entnahme- und Rückgabebrunnen
- Evtl. Grundwasserpumpe

#### B Verbindungen

- Entnahme- und Rückgabeleitungen
- Graben und Durchbrüche

#### C Zwischenkreislauf

- Evtl. Grundwasserpumpe
- Erstellen des Zwischenkreislaufes
- Inkl. Wärmeträger

#### D Wärmepumpe

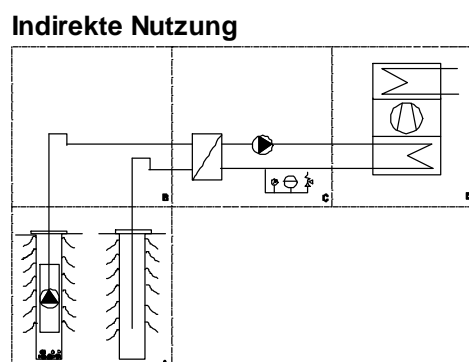


Abb. 2

### 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 Leitungsgräben, Mauerdurchbrüche und Brun-  
nenschächte
- Zuschüttung der Gräben und schliessen der Mauerdurchbrüche nach den Montage-  
arbeiten

## 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 W9 / W50	6.5 kW
Leistungsaufnahme WQ-Anlage	0.75 kW
Kälteleistung (Entzugsleistung) bei W10 / W35	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 S7 / W50	35 kW
Leistungsaufnahme Wärmepumpe bei S7 / W50	7.8 kW
Leistungsaufnahme WQ-Nutzungspumpe	0.75 kW
Leistungsaufnahme Förderpumpe Zwischenkreis	0.4 kW
Kälteleistung (Entzugsleistung) bei S7 / W35	27.9 kW
Leistungszahl Wärmepumpe (35 / 7.8 kW)	4.4
Leistungszahl Wärmepumpe-Anlage (35 / 7.8 + 0.75 + 0.4 kW)	3.9