



Wärmepumpen  
Planungsunterlagen



## Inhaltsverzeichnis Planungsdokumentation

- 4 Planungshinweise Allgemein
- 7 Planungshinweise zu Sole/Wasser-Wärmepumpen
- 9 Befüllung einer Erdwärmesonde
- 13 Planungshinweise zu Wasser/Wasser-Wärmepumpen
- 14 Direkte und Indirekte Grundwassernutzung
- 15 Ermittlung der Heizleistung bei Sanierungen
- 20 Ermittlung der Heizleistung bei Neubauten
- 23 Dimensionierung der Wärmepumpe
- 27 Dimensionierung von Umwälzpumpen
- 31 Anhang I (Aufbau von Wärmequellen)
- 34 Anhang II (Kantonale Anlaufstellen, Bohrfirmen)

## Planungshinweise Allgemein

### Vorschriften und Bewilligungspflicht

Für die Planung und Installation sind die dafür gültigen Vorschriften und Richtlinien (SWKI, SIA, VDI 4640 usw.) verbindlich. Es wird empfohlen, in der Planungsphase folgende Punkte frühzeitig abzuklären:

#### BEWILLIGUNG WÄRMEQUELLENANBINDUNG

Die Wasserentnahme aus öffentlichen Gewässern sowie die Versetzung einer Erd-Wärmesonde (oder Erdregister) sind durch das zuständige kantonale Amt zu bewilligen. In der Regel erfolgt die Bewilligung durch das Amt für Energie oder Umweltschutz (Koordinaten des Hausstandortes angeben).

#### Trinkwarmwasser

Die oftmals geforderten Warmwassertemperaturen von 50 bis 60 °C liegen an der oberen Einsatzgrenze der Wärmepumpe. Grundsätzlich ist die Abdeckung des Warmwasserbedarfs mit der Wärmepumpe aber möglich. Die maximal erreichbare Warmwassertemperatur, ohne Zusatzenergie (Solarunterstützung, Elektroheizeinsatz), liegt ca. 4 bis 7 K tiefer als die maximale Vorlauftemperatur am Wärmepumpenaustritt.

Der Einsatz eines Kombispeichers (Heizungsspeicher mit integriertem Warmwassertank) bietet eine gute Lösung für Heizungssysteme mit einer Auslegungstemperatur > 45 °C und wenn ein Pufferspeicher eingesetzt werden muss. Eine allfällige Nacherwärmung des Warmwassers kann entweder direkt mit elektrischer Energie (Elektroheizeinsatz) oder mittels Sonnenkollektoren unterstützend erfolgen.

Bei der Einbindung eines Register-Wassererwärmers ist auf eine genügende Wärmeaustauscher-

#### BEWILLIGUNG ELEKTRIZITÄTSWERK

- Anschlussbewilligung
- Anlaufstrom
- Hoch-, Nieder- und Spezialtarif
- Sperrzeiten

fläche (Register innerhalb des Wassererwärmers) zu achten. Dabei sind Wassermenge, Temperaturdifferenz sowie Kondensatorleistung der Wärmepumpe zu berücksichtigen.

Für die Auslegung der Wassererwärmer-Registerfläche kann folgende Berechnungsformel angewendet werden:

$$\text{Registerfläche [m}^2\text{]} = Q_{h,\max} \cdot 0.3 \text{ m}^2/\text{kW}$$

$Q_{h,\max}$  = Max. Heizleistung der Wärmepumpe [kW] (z.B. bei B10/W50)

Bei Wärmepumpen mit grösseren Nennleistungen ist ein Wassererwärmer mit externem Trinkwarmwasser-Wärmeübertrager vorzusehen.

Pufferspeicher / Trennspeicher	<p>Bei jeder Speicherbauart ist sicherzustellen, dass die gesamte Heizleistung der Wärmepumpe auch stets abgenommen werden kann. Die Einbindung eines technischen Speichers oder Energiespeichers ist bei Wärmeabgabesystemen mit geringer Trägheit (z.B. Radiatorheizung) generell einzuplanen.</p> <p>Er sorgt für Betriebsbedingungen wie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– die Aufnahme der überschüssigen Heizleistung durch die Wärmepumpe</li> <li>– die Reduktion der Verdichterschalthäufigkeit und die Verlängerung der Verdichterlebensdauer</li> <li>– die Anschlusserweiterung für zusätzliche Heizkreise</li> </ul> <p>Auf einen Pufferspeicher kann verzichtet werden bei:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Heizwasservolumen grösser als 25 Liter pro kW Heizleistung (Richtwert)</li> <li>– guter Speicherfähigkeit des Wärmeabgabesystems (Fussbodenheizung mit Auslegung &lt; 40 °C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– unreguliertem Heizkreis (keine Thermostatventile)</li> </ul> <p>Die Grösse des Pufferspeichers ist abhängig von der maximalen Heizleistung und der maximal zulässigen Einschalthäufigkeit der Wärmepumpe. Als Richtwert kann ca. 25 Liter pro kW Heizleistung angenommen werden. Bei der Einbindung eines Trennspeichers sollte mit einem Volumen von 35 Liter pro kW Heizleistung ausgegangen werden.</p> <p>Die Überbrückungszeit zur Leistungserbringung der Wärmepumpe bei Betriebssperre (ohne Berücksichtigung der Eigenspeicherkapazität des Heizsystems) kann mit folgender Formel berechnet werden:</p> $\text{Überbrückungszeit [Minuten]} = \frac{V \cdot c \cdot \Delta T}{Q_h \cdot 60}$ <p>V = Speicherinhalt [Liter] Q<sub>h</sub> = Heizleistung [Watt] c = 4'187 kJ/kg·K (konstanter Wert) ΔT = Temperaturdifferenz Heizkreis [Kelvin]</p>
Umwälzpumpen	<p>Für die Auslegung der Heizungsumwälzpumpen sind die technischen Daten der entsprechenden Wärmepumpe massgebend. Die vorgeschriebenen Durchflussmengen sind konstant einzuhalten. Es dürfen keine drehzahlregulierten Umwälzpumpen für die Bewirtschaftung der Wärmepumpe eingesetzt werden. Für die Dimensionierung der Wärmequellenpumpe (Sole und Grundwasser)</p>	<p>sollte der Nennvolumenstrom als Richtwert berücksichtigt werden. Druckverluste und Viskosität für die Anbindung der Erdwärmesonde oder für den Grundwasserkreis sind zwingend zu berücksichtigen (z.B. mit Hilfe der kostenlosen Software EWSDruck.xls). Die Wärmequellenpumpen müssen kaltwassertauglich sein.</p>
Überströmventil	<p>Bei Heizsystemen mit variablem oder verschliessbarem Hezwasserdurchfluss (z.B. Thermostatventile) und seriell eingebautem Speicher ist zwingend ein Überströmventil nach der Umwälzpumpe vorzusehen. Dies sichert den Mindestheizwasser-</p>	<p>durchfluss durch die Wärmepumpe und verhindert häufiges Takten der Verdichter und vermindert das Risiko von Störungen. Das Überströmventil muss richtig dimensioniert und eingestellt werden.</p>

Transport	<p>Die Wärmepumpe darf beim Transport nur bis zu einer maximalen Neigung von 45° (in jeder Richtung) gekippt werden. Es ist zu vermeiden, dass die Wärmepumpe in irgendwelcher Form Nässe oder Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Die Heizungs-wärmepumpe ist während der ganzen Bauphase gegen Beschädigungen zu schützen.</p>
Aufstellung	<p>Die Wärmepumpen können ohne Betonsockel auf einer ebenen, glatten Fläche aufgestellt werden. Der Aufstellungsraum muss trocken und frost-sicher sein. Räume mit grosser Luftfeuchtigkeit wie Waschküchen sind nur bedingt geeignet. Die Mindestabstände müssen bei allen Geräten für Wartungs- und Bedienungsarbeiten eingehalten werden.</p>
Schallemissionen	<p>Körperschallübertragungen an das Heizsystem und auf das Gebäude sind durch konsequenten Einsatz von flexiblen Anschlüssen zu vermeiden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schläuche oder Kompensatoren für Rohrleitungsanschlüsse</li> <li>– flexible elektrische Verbindungen</li> <li>– bei Mauerdurchführungen direkten Kontakt der Rohre zur Mauer verhindern</li> </ul> <p>– schwingungsdämpfende Befestigungen</p> <p>Bei Böden mit möglicher Schallübertragung an das Gebäude ist ein Betonsockel vorzusehen mit einer Schallentkopplungs-Zwischenlage gegenüber dem Boden sowie an den Sockel angrenzende Wände.</p>
Elektrischer Anschluss	<p>Die Wärmepumpen sind gemäss mitgeliefertem Anschlussplan elektrisch abzusichern und am definitiven Hausanschluss anzuschliessen. Nach Beendigung der Verdrahtungsarbeiten darf kein Probelauf erfolgen. Die Wärmepumpe ist elektrisch gegen die Inbetriebsetzung von unbefugten Personen zu sichern. Elektrische Anschlussarbeiten sind nur durch eine konzessionierte Fachperson auszuführen.</p>
Inbetriebnahme	<p>Die Inbetriebnahme darf nur durch unser qualifiziertes Fachpersonal oder durch instruiertes Personal von Partnerfirmen der Cadena Systems AG erfolgen, ansonsten erlischt automatisch die Werksgarantie. Inbetriebnahmen werden nur an Wärmepumpen durchgeführt, welche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wasserseitig komplett gefüllt und entlüftet sind (wärmequellenseitig, heizungsseitig)</li> <li>– mit definitiver elektrischer Anschlusslei-tung versehen sind</li> <li>– nicht zur Bauaustrocknung dienen</li> </ul> <p>Sind oben erwähnte Bedingungen nicht erfüllt, erfolgt keine Inbetriebnahme. Ist ein Fachmann zwecks Inbetriebnahme angereist und stellt vor Ort fest, dass diese nicht erfolgen kann, behält sich die Cadena Systems AG vor, dadurch entstandene Kosten in Rechnung zu stellen. Wird die vorliegende Betriebs- und Montageanleitung nicht beachtet, entfällt bei Schäden an der Wärmepum-pen die Gewährleistung.</p>

## Planungshinweise zu Sole/Wasser-Wärmepumpen

Einsatzbereich	<p>Die Sole/Wasser-Wärmepumpe wird in der Regel als monovalente Heizung eingesetzt. Bei richtiger Dimensionierung der Wärmepumpe und der Erdwärmesonde bietet die Erdwärme eine relativ konstante Wärmequelle und ermöglicht der Wärmepumpe gute Betriebsbedingungen und somit auch hohe Leistungszahlen.</p>
Monovalenter Betrieb	<p>Wird die Wärmepumpe monovalent (ohne zusätzliche Wärmeerzeuger) betrieben, sind folgende Grunddaten sorgfältig zu berechnen beziehungsweise abzuklären:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wärmebedarf gemäss SIA 384/2 ermitteln oder durch bisherigen Energieverbrauch bestimmen.</li> </ul> <p>Die Wärmepumpe muss 100 % der erforderlichen durchschnittlichen Gebäudewärmeleistung bei tiefsten Aussenlufttemperaturen und maximalen Vorlauftemperaturen erbringen können.</p>
Bivalenter Betrieb	<p>Wird die Wärmepumpe bivalent (mit zusätzlicher Wärmeerzeugung) betrieben, sind folgende Grunddaten sorgfältig zu berechnen beziehungsweise abzuklären:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wärmebedarf gemäss SIA 384/2 ermitteln oder durch bisherigen Energieverbrauch bestimmen.</li> <li>– Maximal erforderliche Vorlauftemperatur des Heizungssystems berechnen.</li> <li>– Bestimmung des Bivalenzpunktes (Umschaltpunkt)</li> </ul> <p>Beim bivalent-parallelen Betrieb (gleichzeitiger Betrieb zweier Wärmeerzeuger) müssen die Erdwärmesonden zwingend durch ein ausgewiesenes Ingenieurbüro dimensioniert werden.</p>
Bewilligungen	<p>Für die Nutzung der Erdwärme muss eine Bewilligung auf dem zuständigen Amt eingeholt werden. Die Erteilung der Bewilligung hängt von den geologischen Gegebenheiten am Anlagenstandort ab (siehe Adressen von kantonalen Energieämtern im Anhang, ab Seite 34). Jeder elektrische Anschluss einer Wärmepumpe benötigt eine Bewilligung des zuständigen Elektrizitätswerkes. Für die Eingabe müssen die elektrischen Daten der Wärmepumpe bekannt sein (siehe technische Daten der entsprechenden Wärmepumpe).</p>
Erdwärmesonde	<p>Die Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe wird wesentlich durch die Auslegung der Erdwärmesonde beeinflusst. Für die Dimensionierung ist die Kälteleistung der Wärmepumpe am Auslegungspunkt, die Lage und die Anordnung sowie die Länge der Erdwärmesonde zu berücksichtigen. Als Standard-Bezugspunkt wird die Kälteleistung bei Norm-Bedingungen B0/W35 (Rücklauf Wärmequelle 0 °C, Vorlauf Heizung 35 °C) angenommen. Die normierte Wärmeentzugsleistung (nach VDI 4640) im schweizerischen Mittelland beträgt in etwa 50 Watt (oder 80 kWh jährlichem Energiebezug) pro Laufmeter Erdwärmesonde. Je nach geografischer Lage sowie der Bodenbeschaffenheit (geologisches Gutachten) kann die Entzugsleistung von den oben erwähnten 50 W/m abweichen. Für die Versetzung von Erdwärmesonden sind die allgemeinen Bohr- und Verlegungsbedingungen der Bohrfirma zu beachten.</p>

Thermische Erholungszeit des Erdreichs	<p>Der Wärmepumpenbetrieb sollte nicht wesentlich grösser als 1'800 Jahresstunden sein. Ist die Betriebszeit höher, muss die Erdwärmesonde aufgrund der intensiveren Belastung grösser dimensioniert werden. Bei einer ganzjährigen Trinkwarmwassererwärmung ist es wichtig, die Länge der Erdwärmesonde anhand des Warm-</p> <p>wasserbedarfs zu vergrössern, damit genügend Energie aus der Umgebung nachfliessen kann. Dies gilt insbesondere bei gut gedämmten Bauten (Minergiehaus, Passivhaus), wo die TWW-Wasserbereitung einen verhältnismässig hohen Anteil am Jahresenergiebedarf einnimmt.</p>
Sole-Wärmeträger	<p>Der Solekreislauf erfordert den Einsatz von umweltfreundlichen Frostschutzmitteln (z.B. Antifrogen N). Die Konzentrationsvorgabe von 25 Vol.% ist einzuhalten und periodisch zu prüfen. Die Befüllung der Erdwärmesonde muss nach spezifischer Anleitung erfolgen. Wird einem System nachträglich Frostschutzmittel beigegeben, besteht die Gefahr einer ungenügenden Vermischung, was ein Betriebsrisiko bezüglich Einfriergefahr darstellt.</p> <p>Vor dem Einfüllen des Wärmeträgers ist das Rohrleitungssystem gründlich zu spülen. Die Erdwärmesonde darf dabei nie mit Luft leer geblasen werden, sie muss jederzeit mit Flüssigkeit gefüllt sein. Verunreinigungen können zu Zersetzungerscheinungen im Wärmeträgermedium führen, wodurch Schlamm entsteht. Schäden durch Verunreinigungen sind zu vermeiden.</p>
Verbindungsleitungen Wärmequelle	<p>Die Leitungen sind kurz zu halten und in Bezug auf die Materialverträglichkeit mit dem Frostschutzmittel zu prüfen (keine verzinkten Leitungen verwenden). In warmen Räumen besteht die Gefahr von Kondensatwasser. Dieses muss mit dampfdichtem Isolationsmaterial verhindert oder über einen Tropfwasserablauf abgeleitet werden.</p> <p>Die Installation muss gegen Korrosion geschützt sein (Materialwahl). Um Leckagen feststellen zu können, ist zur Überwachung ein Druckwächter im Solekreis einzubauen (evt. bereits in der Wärmepumpe integriert). Jede Erdwärmesonde sollte ab Verteiler einzeln absperrbar sein.</p>
Bauseitige Arbeiten	<p>Sämtliche Wärmequellen-seitigen Arbeiten, wie komplette Montage sämtlicher Leitungen und hydraulischer Komponenten, Anschlüsse auf die Wärmepumpe, Grab- und Bohrarbeiten, Erstellen von Erdsonden, Grabenfüllung und Verschluss der Mauerdurchbrüche, obliegen nicht dem Wärmepumpen-Lieferanten.</p>

## Befüllung einer Erdwärmesonde

Wichtige Punkte  
beim Befüllen einer  
Erdwärmesonde

Verschiedentlich gibt es Wärmepumpenanlagen, welche die geforderte Heizleistung nicht ganz erbringen oder sogar komplett ausfallen. Bei der näheren Überprüfung muss dann festgestellt werden, dass die Erdwärmesonde unsorgfältig oder mangelhaft gefüllt wurde. Insbesondere wurden folgende Probleme nicht gebührend beachtet:

### SCHMUTZ IM PRIMÄRKREISLAUF

Infolge Unachtsamkeit kann nach dem Einbau der Erdwärmesonde Schmutz (Sand, Kiesel usw.) in den Sondenkreislauf gelangen. Es ist darauf zu achten, dass die Rohrenden (Sondenkopf) unmittelbar nach dem Einbau von der zuständigen Bohrfirma gut verschlossen werden (PE-Schweisskappe). Verunreinigungen können grosse Schäden verursachen. Es ist daher auch besonders wichtig, für die Befüllung der Erdwärmesonde nur sauberes Wasser (Leitungswasser) zu verwenden.

### UNGENÜGEND DURCHMISCHTE SOLE-FLÜSSIGKEITEN

Wenn die richtig berechnete Menge Frostschutzmittel aus Konzentrat ohne entsprechende Mischvorrichtung direkt eingefüllt wird, können zufolge der Zähflüssigkeit des Konzentrats einzelne

Stränge der Erdwärmesonde richtiggehend abgeklemmt werden. In den restlichen Strängen zirkuliert mehr oder weniger nur Wasser, welches beim Betrieb der Wärmepumpe gefrieren und somit auch den Verdampfer zerstören kann. Der richtigen Durchmischung der Soleflüssigkeit ist daher grösste Beachtung zu schenken.

### FALSCHE SOLE/WASSER-KONZENTRATION

Auch eine stark abweichende Solekonzentration kann zu Frost- und Korrosionsschäden führen. Hierzu sei erwähnt, dass heute einige Spezialanlagen auf dem Markt mit reinem Wasser betrieben werden (keine Sole/Wasser-Mischung). Dies bedingt allerdings eine ganz andere Dimensionierung der Erdwärmesondenlänge. Es ist unerlässlich, dass die richtige Frostschutzmischung (siehe technisches Datenblatt des WP-Herstellers) mit der geeigneten Einrichtung vorbereitet wird. Bei Unsicherheit oder Zweifel wird empfohlen, ein fertig gemischtes Produkt mit der richtigen Konzentration einzusetzen.

Misch-Vorrichtung

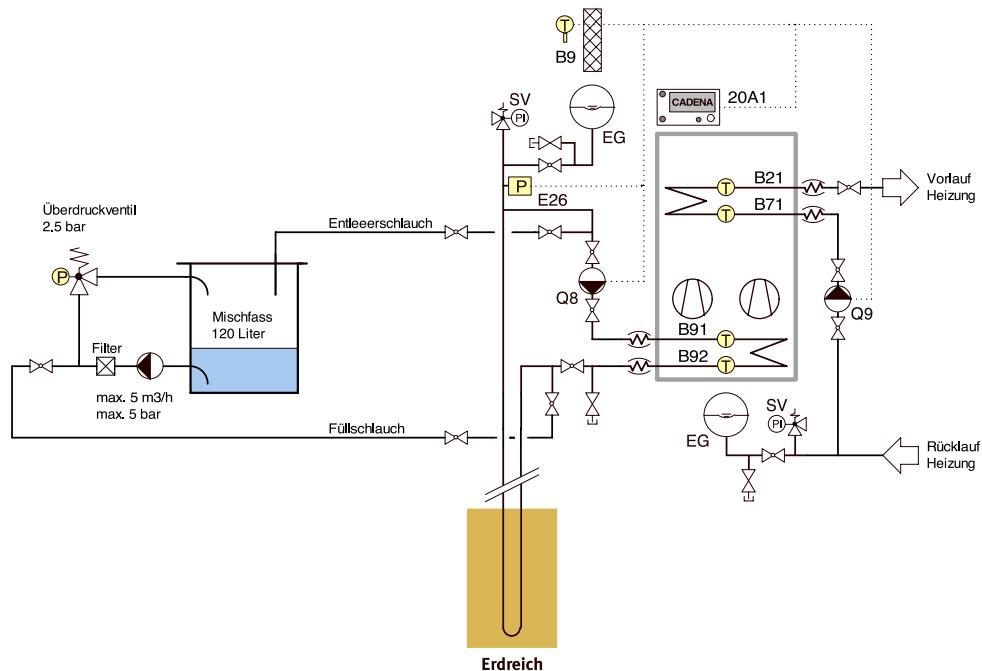
Zur Gewährleistung der einwandfreien Funktion der Wärmepumpenanlage müssen beim Füllen der Erdwärmesonde folgende Anforderungen erfüllt werden:

- sauberes Gemisch
- richtige Konzentration
- homogene Mischung

### ERFORDERLICHE AUSRÜSTUNG:

- Misch- /Füllfass
- Jetpumpe
- Überdruckventil

Vorgehensweise  
Primärkreislauf richtig  
befüllen

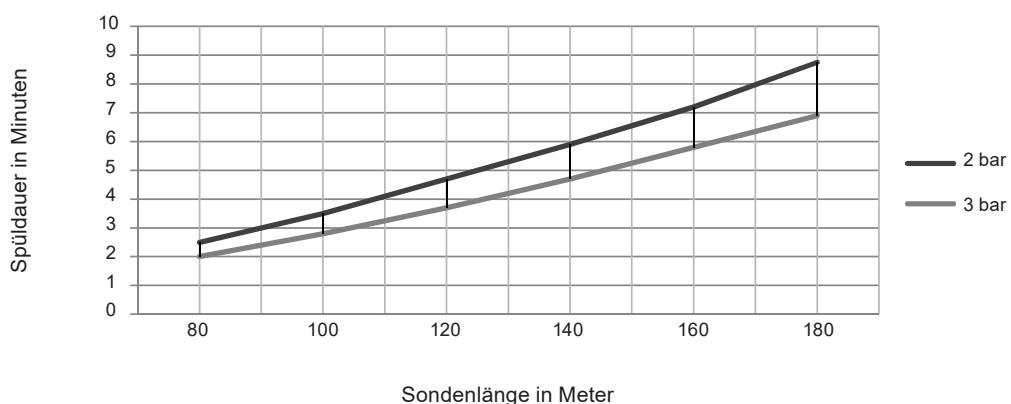


#### Spülen

Mit gefiltertem Leitungswasser wird mit Druck zuerst die Umlözpumpe des Erdwärmesondenkreises und der Verdampfer von Verunreinigungen wie Schweissperlen, Steinchen und Schmutz saubergespült. Anschliessend wird jeder Kreis der

Erdwärmesonde einzeln gespült. Mit 2 bar Druck muss eine 140 Meter lange Sonde mit Durchmesser 32 mm mindestens 6 Minuten gespült werden, wie untenstehendes Diagramm zeigt.

Minimale Spülzeit für 32 mm Sonden



Füllen	Jeder Kreis der Erdsondenanlage ist separat zu füllen. Vor dem Füllvorgang der Erdwärmesondenanlage ist unbedingt der Vordruck des Expansionsgefäßes zu kontrollieren (0.5 bis 1.0 bar).	Nach dem Spülvorgang ist der ganze Erdwärmesondenkreis mit sauberem Leitungswasser gefüllt.
--------	--	---

#### INHALTE:

Rohrdurchmesser (Aussen x Wandstärke)	Inhalt pro Meter Erdwärmesonde
32 mm (32 x 2.9 mm)	2.16 Liter (4 x 0.539 Liter)
40 mm (40 x 3.7 mm)	3.36 Liter (4 x 0.838 Liter)

Mischen (Arbeitsschritte beim Füllen)	<p>Die erforderliche Durchmischung mit 100 %-igem Frostschutzkonzentrat ist wie nachfolgend aufgeführt vorzunehmen.</p> <p>Beispiel: 140 m lange Doppel-U-Erdwärmesonden mit einem Durchmesser von 32 mm. Erforderliche Konzentration = 25 %</p> <p>1.) Berechnung des Volumens eines Erdwärmesondenkreises; eine Doppel-U-Erdwärmesonde besteht aus zwei Kreisen! Ein Erdwärmesondenkreislauf mit je einem Vor- und einem Rücklauf hat ein Volumen von 302.4 Liter (<math>140 \text{ m} \cdot 2.16 \text{ Liter/m}</math>).</p> <p>2.) Anteil des notwendigen Frostschutzkonzentrates: 75.6 Liter (25 % von 302.4 Liter).</p> <p>3.) Damit sich das Konzentrat im Fass mischen kann, müssen zusätzliche 40 Liter Gemisch ins Fass geleert werden (10 Liter Konzentrat und 30 Liter Wasser). Als Hilfe sind am Fass gut lesbare Volumenmarkierungen anzubringen.</p> <p>4.) Das bereitgestellte Frostschutzkonzentrat gemäss Beschreibung b.) ist ins Mischfass zu leeren.</p> <p>5.) Die Schieber zum Verdampfer schliessen.</p> <p>6.) Den Schieber eines Stranges (nicht beide Stränge der Erdwärmesonde) öffnen.</p> <p>7.) Den Entleerschlauch aus dem Fass nehmen und in einen Abfluss legen.</p> <p>8.) Die Füllpumpe (Jetpumpe mit genügender Leistung) einschalten und laufen lassen, bis nur noch 40 Liter im Fass sind. Dann Füllpumpe sofort abschalten. Aus dem Entleerschlauch fliesst während dieses Vorganges das überflüssige Leitungswasser in den Abfluss.</p> <p>9.) Den Entleerschlauch ins Fass stecken und die Füllpumpe erneut einschalten und so lange laufen lassen, bis sich das Frostschutzkonzentrat und das Wasser gut vermischt haben. Die benötigte Zeit beträgt ca. das 6-fache der Spülzeit.</p> <p>10.) Füllhahnen beim Entleerschlauch und anschliessend beim Erdwärmesondenverteiler schliessen. Über das Überdruckventil (2.5 bar) fliesst das überflüssige Gemisch zurück ins Fass. Die Füllpumpe abschalten. Im Fass befinden sich noch beinahe 40 Liter Gemisch. Ein Teil wurde durch die Expansion der Erdwärmesonden aufgenommen.</p> <p>11.) Bei relativ langen Erdwärmesonden und bei schlechter Mischung spricht das Überdruckventil beim Fass an und intensiviert damit das Mischen.</p> <p>12.) Die Mischung für jeden weiteren Kreis einer Erdwärmesonde ist analog Beschreibung 2.) vorzubereiten. Die Mischung ist gemäss Beschreibung 3.) auf 40 Liter zu ergänzen, und anschliessend ist das Frostschutzkonzentrat für die Menge im Strang hinzuzufügen (siehe Beschreibung 4.).</p> <p>13.) Wenn alle Erdwärmesonden gefüllt sind, müssen noch die Verbindungsleitungen zur Wärmepumpe und der Verdampfer der Wärmepumpe gefüllt werden. Zu diesem Zweck sind alle Schieber zu den Erdwärmesonden zu schliessen und die Schieber zum Verdampfer zu öffnen. Sorgfältig wird nun der Rest des Gemisches über den Schieber am Füllschlauch hineingepumpt.</p>
---	--

Das Wasser im Verdampfer entweicht über den Entleerschlauch. Sobald am Entleerschlauch Frostschutzgemisch austritt (Änderung der Flüssigkeitsfarbe), ist der Hahn zu schliessen. Über den Pumpendruck wird das Expansionsgefäß bis auf 2.5 bar gefüllt. Zuletzt ist der Hahn am Füllschlauch zu schliessen. Es besteht nun Gewähr dafür, dass die Erdwärmesonde schmutzfrei, mit richtiger Konzentration und auf korrekten Betriebsdruck gefüllt ist.

Kollektoren      **DIESE ANLEITUNG GILT SINNESGEMÄSS AUCH  
FÜR ANLAGEN MIT ERDWÄRMEKOLLEKTOREN**

**INHALTE:**

Rohrdurchmesser (Aussen x Wandstärke)	Inhalt pro Laufmeter Erdkollektor (2 Kreisläufe / 4 Rohre)
25 mm (25 x 2.3 mm)	0.327 Liter/m
32 mm (32 x 2.9 mm)	0.539 Liter/m
40 mm (40 x 3.7 mm)	0.838 Liter/m

## Planungshinweise zu Wasser/Wasser-Wärmepumpen

Einsatzbereich	<p>Die Wasser/Wasser-Wärmepumpe wird in der Regel als monovalente Heizung eingesetzt. Durch das hohe Temperaturniveau des Wassers, das als Wärmequelle dient, werden überdurchschnittliche Leistungszahlen erreicht. Die Nutzungsart ist ab-</p>	<p>hängig von der chemischen Zusammensetzung des Grund- bzw. Oberflächengewässers, dessen Temperatur sowie allfälligen behördlichen Vorschriften.</p>
Monovalenter Betrieb	<p>Wird die Wärmepumpe monovalent (ohne zusätzlichen Wärmeerzeuger) betrieben, sind folgende Grunddaten sorgfältig zu berechnen beziehungsweise abzuklären:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wärmebedarf gemäss SIA 384/2 ermitteln oder durch bisherigen Energieverbrauch bestimmen.</li> <li>– Maximal erforderliche Vorlauftemperatur des Heizungssystems berechnen.</li> </ul>	<p>durchschnittlichen Gebäudeleistung bei tiefsten Aussenlufttemperaturen und maximalen Vorlauftemperaturen erbringen können.</p> <p>Die Nutzung von Oberflächengewässern (Fluss-, See- oder Bachwasser) lässt durch deren relativ grosse Temperaturschwankungen in der Regel keinen monovalenten Betrieb mit einer Direktnutzung zu.</p>
Direkte Nutzung	<p>Die Wärmepumpe muss 100 % der erforderlichen</p>	<p>Verockerung im Verdampfer müssen verhindert werden. Bei der direkten Grundwasseranbindung oder bei Verwendung von Oberflächenwasser ist daher eine Wasseranalyse der örtlichen Wasserqualität zwingend notwendig.</p> <p>Siehe auch die Grafiken auf Seite 14.</p>
Indirekte Nutzung	<p>Bei der Indirekten Nutzung fliesst das Wasser der Wärmequelle nicht direkt durch den Verdampfer, sondern durch einen Wärmeübertrager, der die Sole in einem Zwischenkreis erwärmt, und die Sole wird dann durch den Verdampfer der Wärmepumpe geleitet. Diese sogenannte Sole ist eigentlich ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel. Üblicherweise ist es Wasser/Ethylenglykol im Mischungsverhältnis 75/25 %. Dieses zirkuliert im Zwischenkreis, auch Trennkreis genannt, mit Hilfe einer Trennkreispumpe.</p> <p>Der für die Indirekte Nutzung benötigte Wärme-</p>	<p>übertrager im Zwischenkreislauf ist aus korrosionsbeständigem Material zu wählen und muss problemlos zu reinigen sein. Es gilt zu beachten, dass die Zwischenkreislauftemperatur je nach Wärmequelle unter den Gefrierpunkt fallen kann (Frostschutz im Zwischenkreislauf). Deshalb ist die Konzentration des Wärmeträgers im Zwischenkreislauf auf die tiefst-mögliche Verdampfungstemperatur auszulegen.</p> <p>Siehe auch die Grafiken auf Seite 14.</p>
Bewilligung	<p>Jede Nutzung des Oberflächen- oder Grundwassers braucht eine Konzession oder Bewilligung der Gemeinde oder des Kantons und ein hydrogeologisches Gutachten. Der elektrische Anschluss einer Wärmepumpe benötigt zudem eine</p>	<p>Bewilligung des zuständigen Elektrizitätswerkes. Für die Eingabe sind die elektrischen Daten der Wärmepumpe dem Elektrizitätswerk anzugeben.</p>

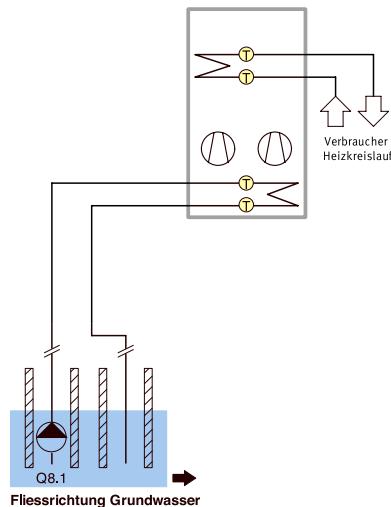
Verbindungs-leitungen Wärmequelle	Die Verbindungsleitungen sind so kurz wie möglich zu halten. In warmen Räumen bildet sich Kondensatwasser an den Leitungen und Armaturen. Dieses muss mit dampfdichtem Isolationsmaterial verhindert oder über einen Tropfwasserablauf abgeleitet werden. Die Installation muss gegen Korrosion geschützt sein (Materialwahl).	Für die Betriebssicherheit sind Strömungswächter und Frostschutzthermostat vorzusehen. Bei Anwendung eines Zwischenkreislaufes ist die Materialverträglichkeit der Leitungen mit dem Frostschutzmittel zu prüfen (keine verzinkten Leitungen einplanen).
Bauseitige Arbeiten	Sämtliche Wärmequellen-seitigen Arbeiten, wie komplett Montage sämtlicher Leitungen und hydraulischer Komponenten, Anschlüsse auf die Wärmepumpe, Grabarbeiten, Grabenfüllung	und Verschluss der Mauer durchbrüche, obliegen nicht dem Wärmepumpen-Lieferanten.

## Direkte und Indirekte Grundwassernutzung

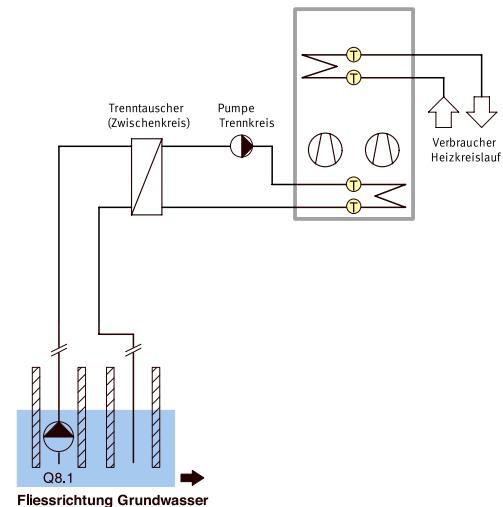
Grundwasser-Brunnen	Um Grundwasser als Wärmequelle für eine Wärmepumpe nutzen zu können, müssen je ein Förderbrunnen und ein Rückgabebauwerk gebaut werden. Das Rückgabebauwerk soll min. 15 m vom Förderbrunnen entfernt sein, in Fließrichtung des Grundwassers. Siehe dazu auch die Anhänge auf Seiten 32 und 33. Ausserdem zu beachten:  – Geologisches Gutachten für die Bohrbewilligung einholen – Haftpflichtversicherung abschliessen – Zugänglichkeit für grosse Maschinen- und	Bohrfahrzeuge gewährleisten – Schlamm-Mulde bereitstellen – Wasser- und Elektroanschluss erstellen – bestehende Werkleitungen beachten – Grabentiefe unterhalb der Frostschutzenze anordnen – Grabensohle entwässern – Leitungen in eine Sandschicht einbetten (Verletzungsgefahr für die Leitungen) – Überdeckung erst nach der erfolgreichen Druckprobe vornehmen – bestehende Werkleitungen beachten
Direkte Grundwassernutzung	Das günstige Temperaturniveau kann bei dieser Anwendung voll genutzt werden. Es wird nur bei	Grundwasserfassungen (Filterbrunnen) angewendet.

Schematische  
Gegenüberstellung

### DIREKTE GRUNDWASSERNUTZUNG



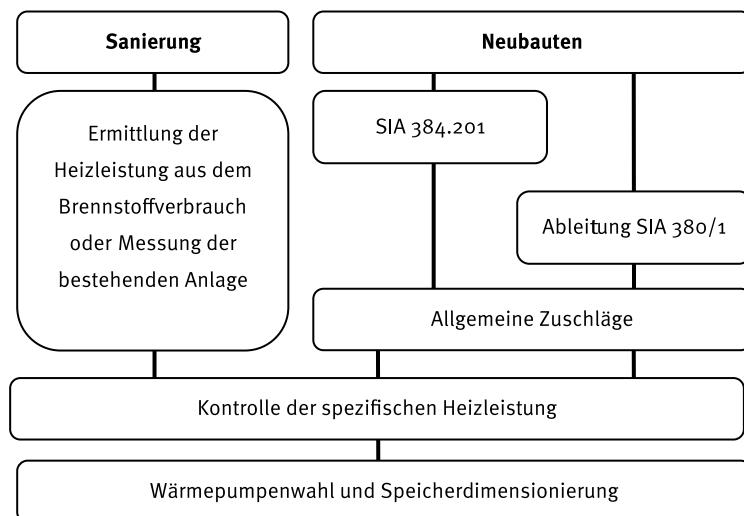
### INDIREKTE GRUNDWASSERNUTZUNG



## Ermittlung der Heizleistung bei Sanierungen

Die präzise Dimensionierung von Zentralheizungen bildet einen wichtigen Beitrag an die rationelle Energienutzung in Gebäuden. Nur bei korrekter Dimensionierung ist der energiegerechte Betrieb

möglich. Das folgende Schema zeigt das Vorgehen von der Ermittlung der Heizlast bis zur Wahl des Wärmeerzeugers.



Norm-Heizlast aus dem Brennstoffverbrauch

Zur Berechnung der Norm-Heizlast aus dem Brennstoffverbrauch müssen der spezifische Brennwert  $H_o$  des Heizmediums, der Jahresnutzungsgrad  $\eta$  und die Vollaststunden  $t_{voll}$  bekannt sein. Die Energiemenge einer Heizperiode lässt sich von der Heizungsanlage in einer bestimmt-

ten Anzahl Stunden erzeugen. Dieses Mass wird Volllast-Stunden genannt. Weil die Norm-Aussen temperatur jeweils pro 100 Höhenmeter um 0.5 K sinkt, steigt die Anzahl der Vollaststunden mit der Höhenlage des Gebäudes.

Bedarf	Gebäudetyp	Standort	Vollaststunden $t_{voll}$
Raumwärme mit Wochenendabsenkung	Schulhaus, Industrie, Gewerbe, Büro	Mittelrand	1'900 h/a
		ab 800 m.ü.M.	2'100 h/a
Raumwärme	Wohngebäude	Mittelrand	2'000 h/a
		ab 800 m.ü.M.	2'300 h/a
Raumwärme / TWW	Wohngebäude	Mittelrand	2'300 h/a
		ab 800 m.ü.M.	2'500 h/a

Alle Angaben basieren auf 20 °C Raumlufttemperatur

Formel zur Berechnung der Norm-Heizlast:

$$\Phi_{HL} = \frac{\text{Verbrauch} \cdot H_o \cdot \eta}{t_{voll}}$$

Direkte Grundwassernutzung

Das günstige Temperaturniveau kann bei dieser Anwendung voll genutzt werden. Es wird nur bei

Grundwasserfassungen (Filterbrunnen) angewendet.

## A: HOLZHEIZUNG:

Stückholz

Brennwert $H_o$ für lufttrockenes Stückholz	
Weichholz	1'800 kWh/rm
Hartholz	2'500 kWh/rm

Holz soll nicht waldfrisch verfeuert werden! Es entstehen sonst zu viele Emissionen, und die nutzbare Energie fällt geringer aus. Lufttrockenes Holz (2 Jahre Trocknung) hat 15-20 % Wassergehalt.

Weichholz:

z.B. Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Pappel oder Weide

Hartholz:

z.B. Eiche, Rotbuche, Esche, Ahorn, Birke, Ulme, Edelkastanie, Hagebuche, Hasel, Nuss oder Traubenkirsche

Raummeter (rm):

Stapel mit 1 Meter langen, runden Holzknüppeln in einer Breite und Höhe von je einem Meter (Ster)

Jahresnutzungsgrad $\eta$	
Neue Kessel	70 bis 80 %
Alte Kessel	50 bis 70 %

Die Nutzungsgrade beziehen sich auf lufttrockenes Holz. Pro 10 % Mehrfeuchte sinkt der Nutzungsgrad um rund 9 % ab.

## Berechnungs-beispiel

Einfamilienhaus in Adelboden (1'250 m.ü.M.)  
mit Heizwärmeerzeugung und Wassererwärmung

- Vollaststunden  $t_{voll} = 2'500 \text{ h/a}$
- Holzverbrauch (lufttrockenes Hartholz) = 10 rm/a
- Brennwert  $H_o = 2'100 \text{ kWh/rm}$
- Jahresnutzungsgrad  $\eta = 75 \%$   
(neuer Kessel)

$$\Phi_{HL} = \frac{\text{Verbrauch} \cdot H_o \cdot \eta}{t_{voll}} = \frac{10 \cdot 2'100 \cdot 0.75}{2'500} = 7.5 \text{ kW}$$

B: HOLZHEIZUNG:

Holzschnitzel

Brennwert $H_0$ für Holzschnitzel			
	Wassergehalt [%]	Schüttddichte [kg/Srm]	Brennwert $H_0$ [kWh/Srm]
Weichholz	30	160 bis 230	750 bis 900
Hartholz	30	250 bis 330	1'000 bis 1'250

Schütttraummeter [Srm]: ein Kubikmeter Holzschnitzel geschüttet.

Jahresnutzungsgrad $\eta$	
Neue Kessel	70 bis 80 %
Alte Kessel	50 bis 70 %

Berechnungs-beispiel

Bürogebäude in Basel mit Heizwärme-erzeugung, ohne Wassererwärmung

- Vollaststunden  $t_{voll} = 1'900 \text{ h/a}$
- Holzverbrauch (Hartholz, Wassergehalt = 30 %) = 1'000 Srm/a
- Brennwert  $H_0 = 800 \text{ kWh/Srm}$
- Jahresnutzungsgrad  $\eta = 75 \%$   
(neuer Kessel)

$$\Phi_{HL} = \frac{\text{Verbrauch} \cdot H_0 \cdot \eta}{t_{voll}} = \frac{1'000 \cdot 800 \cdot 0.75}{1'900} = 316 \text{ kW}$$

C: HOLZHEIZUNG:

Pellets

Brennwert $H_0$ für Pellets	
Pellets	5.2 bis 5.5 kWh/kg

Neue Kessel	70 bis 80 %

Berechnungs-beispiel

Einfamilienhaus in Zürich mit Heizwärme-erzeugung, ohne Wassererwärmung

- Vollaststunden  $t_{voll} = 2'000 \text{ h/a}$
- Pelletsverbrauch = 1'500 kg/a
- Brennwert  $H_0 = 5.3 \text{ kWh/kg}$
- Jahresnutzungsgrad  $\eta = 75 \%$   
(neuer Kessel)

$$\Phi_{HL} = \frac{\text{Verbrauch} \cdot H_0 \cdot \eta}{t_{voll}} = \frac{1'500 \cdot 5.3 \cdot 0.75}{2'000} = 3 \text{ kW}$$

D: OELHEIZUNG

Brennwert $H_O$ für Oel	
Heizoel EL	10.57 kWh/ltr
Heizoel S	11.27 kWh/ltr

Jahresnutzungsgrad $\eta$	
Neue Kessel (kondensierend)	70 bis 80 %
Alte Kessel (nicht kondensierend)	50 bis 70 %

Berechnungs-beispiel  
Einfamilienhaus in Luzern mit Heizwärme-  
erzeugung und Wassererwärmung

- Vollaststunden  $t_{voll} = 2'300 \text{ h/a}$
- Oelverbrauch EL = 1'200 ltr/a
- Brennwert  $H_O = 10.57 \text{ kWh/ltr}$
- Jahresnutzungsgrad  $\eta = 80 \%$   
(neuer Kessel, kondensierend)

$$\Phi_{HL} = \frac{\text{Verbrauch} \cdot H_O \cdot \eta}{t_{voll}} = \frac{1'200 \cdot 10.57 \cdot 0.8}{2'300} = 4.96 \text{ kW}$$

E: GASHEIZUNG

Brennwert $H_O$ für Gas	
Heizgas	11.3 kWh/m <sup>3</sup> i.N.
Propan	28.1 kWh/m <sup>3</sup> i.N.

Jahresnutzungsgrad $\eta$	
Neue Kessel (kondensierend)	85 bis 95 %
Alte Kessel (nicht kondensierend)	80 bis 85 %

Berechnungs-beispiel  
Mehrfamilienhaus in Bern mit Heizwärmeerzeu-  
gung und Wassererwärmung

- Vollaststunden  $t_{voll} = 2'300 \text{ h/a}$
- Heizgas = 5'000 m<sup>3</sup>/a
- Brennwert  $H_O = 11.3 \text{ kWh/m}^3 \text{ i.N.}$
- Jahresnutzungsgrad  $\eta = 95 \%$   
(neuer Kessel, kondensierend)

$$\Phi_{HL} = \frac{\text{Verbrauch} \cdot H_O \cdot \eta}{t_{voll}} = \frac{5'000 \cdot 11.3 \cdot 0.95}{2'300} = 23.3 \text{ kW}$$

F: Elektroheizung

Jahresnutzungsgrad $\eta$	
Elektrospeicherheizung	93 bis 97 %

Die Heizlast kann mit Hilfe des jährlichen Stromverbrauches für Heizung und Warmwasser berechnet werden. Der Stromverbrauch am Zähler wird in Kilowattstunden angegeben. Kann der

Verbrauch nicht mit dem Zähler ermittelt werden, so ist die Norm-Heizlast wie bei Neubauten zu ermitteln.

Berechnungs-beispiel

Einfamilienhaus in Flims (1'100 m.ü.M.) mit Heizwärmeerzeugung und Wassererwärmung

- Vollaststunden  $t_{voll} = 2'500 \text{ h/a}$
- Stromverbrauch = 10'000 kWh/a
- Jahresnutzungsgrad  $\eta = 95 \%$

$$\Phi_{HL} = \frac{\text{Verbrauch} \cdot \eta}{t_{voll}} = \frac{10'000 \cdot 0.95}{2'500} = 3.8 \text{ kW}$$

Bestimmung der Norm-Heizlast mittels einer Auslastungsmessung (Sanierung)

Auslastungsmessungen an der alten, betriebstüchtigen Anlage ergeben differenziertere Angaben für die Dimensionierung von Wärmeerzeugern (Energiekennlinie). Das gilt speziell in Fällen, bei denen die Ermittlung der Norm-Heizlast aus dem jährlichen Brennstoffverbrauch nicht geeignet ist. Für eine genauere Aussage muss die Brennerauslastung  $\alpha$  während mindestens zweier Wochen in Abhängigkeit der Außenluft-

temperatur aufgenommen werden. Dabei soll die Außenlufttemperatur in einem möglichst weiten Bereich schwanken (z.B. zwischen -5 und +10 °C). Diese Methode kommt vor allem bei grösseren Gebäuden wie Schulen, Spitätern, Industriebauten oder Verwaltungsgebäuden zur Anwendung. Die Anlagen weisen eine Leistung über 100 kW aus.

Faustformeln zur Berechnung der Heizleistung aufgrund bestehender Verbrauchsdaten

MITTELLAND

Mit Warmwasser <sup>1)</sup>

$$Q_{WP \text{ mit TWW}} [\text{kW}] = \frac{\square - \text{Verbrauch pro Jahr}^3)}{300^4)}$$

Ohne Warmwasser <sup>2)</sup>

$$Q_{WP \text{ ohne TWW}} [\text{kW}] = \frac{\square - \text{Verbrauch pro Jahr}^3)}{265^4)}$$

ÜBER 800 METER ÜBER MEER

Mit Warmwasser <sup>1)</sup>

$$Q_{WP \text{ mit TWW}} [\text{kW}] = \frac{\square - \text{Verbrauch pro Jahr}^3)}{330^4)}$$

Ohne Warmwasser <sup>2)</sup>

$$Q_{WP \text{ ohne TWW}} [\text{kW}] = \frac{\square - \text{Verbrauch pro Jahr}^3)}{295^4)}$$

$Q_{WP}$ = Erforderlicher Heizleistungsbedarf bei Auslegungstemperatur [kW]

1) Warmwasseraufbereitung ganzjährig mit Kessel

2) Warmwasseraufbereitung ganzjährig elektrisch

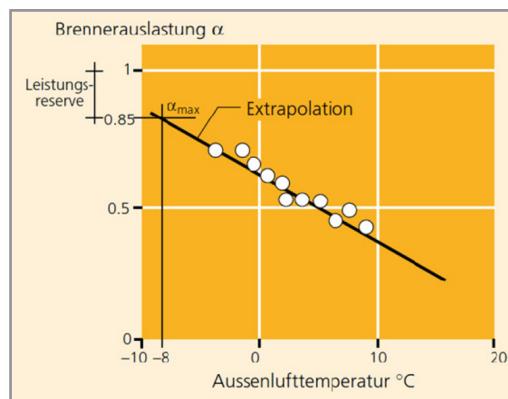
3) durchschnittl. Oelverbrauch in Liter (1 kg Oel entspricht ca. 1.19 Liter)

(1 Betriebs – m<sup>3</sup>Gas entspricht ca. 0.93 Liter Oel)

4) Umrechnungsfaktor

## Ermittlung der Heizleistung bei Neubauten

<p>Norm-Heizlast nach SIA 384.201 (EN 12831:2003), Heizungsanlagen in Gebäuden</p>	<p>Das Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast (Wärmebedarf) nach SIA 384.201 kommt bei Neubauten oder bei umfassenden wärmetechnischen Gebäudesanierungen zum Einsatz. Dabei wird der Heizleistungsbedarf jedes beheizten Raumes einzeln ermittelt. Eine solche Berechnung ist für</p>	<p>die Dimensionierung des Wärmeabgabesystems (Fussbodenheizung, Heizkörper, thermoaktive Bauteilsysteme, Luftheizung) notwendig. Aus der Heizlast der einzelnen Räume wird die Norm-Heizlast des gesamten Gebäudes bestimmt.</p>
<p>Vorgehen bei der Berechnung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bestimmung der Werte für die Norm-Aussen-temperatur und des Jahresmittels der Aussen-temperatur</li> <li>– Festlegung der Werte für die Norm-Innentemperatur jedes beheizten Raumes</li> <li>– Berechnung des Koeffizienten für die Norm-Transmissionsverluste. Er wird mit der Norm-Temperaturdifferenz multipliziert, um die Norm-Transmissionsverluste zu erhalten.</li> <li>– Summieren der Norm-Transmissionsverluste aller beheizten Räume, ohne den Wärme-verlust zwischen den beheizten Räumen zu berücksichtigen. So ergeben sich die Auslegungs-Transmissionsverluste für das gesamte Gebäude.</li> <li>– Berechnung des Koeffizienten für die Norm-Lüftungswärmeverluste. Er wird mit der Norm-Temperaturdifferenz multipliziert, um die Norm-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lüftungswärmeverluste zu erhalten.</li> <li>– Summieren der Norm-Lüftungswärmeverluste aller beheizten Räume, ohne den Wärme-fluss zwischen den beheizten Räumen zu berück-sichtigen. So ergeben sich die Auslegungs-Lüf-tungswärmeverluste für das gesamte Gebäude.</li> <li>– Addieren der Auslegungs-Transmissionsverlus-te und der Auslegungs-Lüftungswärmeverluste</li> <li>– Berechnen der Norm-Heizlast des Gebäudes unter Berücksichtigung eines Korrekturfaktors für die zusätzliche Aufheizleistung, um die ge-samte Aufheizleistung des Gebäudes zu erhal-ten</li> </ul>



Energiekennlinie aus Auslastungsmessung. Das Bei-spiel stellt die gemessene Brennerauslastung einer gut dimensionierten Anlage dar. Sie hat auch bei sehr tie-fen Aussenlufttemperaturen noch eine Leistungsreserve von 15 % für das Wiederaufheizen nach einer längeren Absenkperiode. Diese Leistung ist genügend, da bei ex-tremen Kälteeinbrüchen allenfalls auf die Absenkphase verzichtet werden kann.

Ermittlung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1, Thermische Energie im Hochbau	<p>Der Heizwärmebedarf [<math>\text{MJ}/\text{m}^2</math>] ist die Wärme, die dem beheizten Raum während eines Jahres (oder der Berechnungsperiode 1 Monat) zugeführt werden muss, um den Sollwert der Innentemperatur einzuhalten. Der Wert bezieht sich auf die Energiebezugsfläche [<math>\text{m}^2</math>]. Es gibt verschiedene vom BFE zertifizierte Berechnungsprogramme zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs nach SIA 380/1. Einige Programme geben zusätzlich eine Abschätzung der Norm-Heizlast an.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Detaillierte Energiebezugsflächen</li> <li>– Daten für die flächigen Bauteile (Flächen, U-Werte, Innentemperatur eines allfällig benachbarten Raumes, Temperaturzuschlag für Bau teilheizung und Heizkörper vor Fenster und Türen, Reduktionsfaktoren gegen unbeheizte Räume und Erdreich)</li> <li>– Daten über die Wärmebrücken</li> <li>– Daten zu den Fenstern (g-Wert, Verschattungsfaktoren, etc.)</li> <li>– Daten zur Wärmespeicherfähigkeit und zur Art der Innentemperaturregelung</li> </ul>
Allgemeine Zuschläge zum Wärmeleistungsbedarf	<p>Unter den allgemeinen Zuschlägen zur Norm-Heizlast <math>\Phi_{HL}</math> [kW] wird folgendes verstanden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reserve für Wiederaufheizung nach einer Raumlufttemperaturabsenkung</li> <li>– Deckung der Wärmeverteilungsverluste</li> <li>– Wärmeleistung für lüftungstechnische Anlagen oder für Prozesswärme</li> </ul>	<p>erfolgt kein Heizbetrieb, da in dieser Zeit ohne Komforteinbusse auf diesen verzichtet werden kann. Es ist deshalb auch in Mehrfamilienhäusern kein Zuschlag für die Wassererwärmung üblich. Für das Wiederaufheizen ist in Wohngebäuden kein nennenswerter Zuschlag zur Heizleistung notwendig. In den meisten Fällen besitzen auch knapp dimensionierte Wärmepumpen eine Leistungsreserve, da der Luftwechsel, vor allem bei sehr tiefen Außenlufttemperaturen, kleiner ist als für die Berechnung nach EN 12831:2003 vorgegeben.</p>

#### WOHNGEBAUDE

In der Regel wird für die Wassererwärmung in Wohngebäuden kein Zuschlag gemacht. In Einfamilienhäusern sollte der Inhalt des Wassererwärmers einen Tagesbedarf abdecken, so dass während der Nacht bei abgesenktem Heizbetrieb die Aufheizung erfolgen kann. In grösseren Mehrfamilienhäusern lässt sich aus Platzgründen meist kein Tagesbedarf speichern. Der Wärmeübertrager des Wassererwärmers ist dann gemäss Norm SIA 384/1 (Zentralheizungen) so auszulegen, dass die Aufwärmung des Speichers innerhalb einer Stunde möglich ist. Während der Aufwärmung

#### Hinweis:

In Wohngebäuden ist ein Zuschlag zur berechneten Heizleistung von 10 bis 15 % für das Aufheizen und Decken der Wärmeverteilungsverluste ausreichend.

Kontrolle der Resultate Zur Kontrolle der Resultate dient die spezifische Heizleistung. Sie errechnet sich aus der Norm-Heizlast dividiert durch die Energiebezugsfläche (beheizte Bruttogeschossfläche). Die Werte sollen annähernd den Tabellenwerten entsprechen.

Gebäude	Kontrollwert
Bestehende, ungenügend wärmegedämmte Wohnhäuser	50 bis 70 W/m <sup>2</sup>
Bestehende, gut wärmegedämmte Wohnhäuser	40 bis 50 W/m <sup>2</sup>
Neubauten gemäss heutigen Vorschriften	30 bis 40 W/m <sup>2</sup>
Bestehende, ungenügend wärmegedämmte Dienstleistungsbauten	60 bis 80 W/m <sup>2</sup>
Minergie-Gebäude	25 bis 30 W/m <sup>2</sup>
Minergie-P-Gebäude	8 bis 13 W/m <sup>2</sup>

#### Hinweis:

Die spezifische Heizleistung ist nur ein grobes Kontrollinstrument. Die Dimensionierung erfolgt prinzipiell nach den vorgängig beschriebenen Methoden.

In der Norm SIA 380/1 Thermische Die konsequente Dämmung der Wärmeverteilungen, unter Beachtung der kantonalen Vorschriften, ergibt eine zusätzliche Leistungsreserve.

Energie im Hochbau sind maximale Energiekennzahlen aufgelistet.

Die eingestellten Regelparameter sind in der Betriebsdokumentation einzutragen. Mit einem Wärmezähler lässt sich die benötigte Wärmeleistung einfach kontrollieren.

#### Hinweise zur Energieeinsparung

#### Literatur

##### NORMEN UND RICHTLINIEN

- SIA 384.201 (EN 12831:2003): Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast. SIA, Zürich 2003; [www.sia.ch](http://www.sia.ch)
- SIA 380/1: Thermische Energie im Hochbau. SIA Zürich 2006; [www.sia.ch](http://www.sia.ch)

##### LITERATUR, SOFTWARE, FACHSTELLEN

- Zertifizierte Berechnungsprogramme; [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)
  - Dienstleistungen, Planungswerzeuge und Vollzugshilfen
- QM Qualitätsmanagement Holzheizwerke, Planungshandbuch, ISBN 3-937-441-93-X
- Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEs)
  - respektive kantonale Richtlinien, zum Beispiel Kanton Aargau, <https://gesetzessammlungen.ag.ch/frontend/versions/1577>

Dieses Kapitel "Ermittlung der Heizleistung" entstammt einer gleichnamigen Publikation von Minergie/Energie Schweiz

## Dimensionierung der Wärmepumpe

Die Wärmepumpe weist im Vergleich zu anderen Wärmeerzeugern einen kleineren Einsatzbereich auf. Antriebs- und Heizleistungen sowie auch der Wirkungsgrad der Wärmepumpe können sich je nach Wärmequellen- und Wärmenutzungstemperaturen unterscheiden.

Grundsätzlich gilt, je kleiner die Differenz zwis-

schen Wärmenutzungs- und Wärmequellentemperatur ist, desto effizienter kann die Anlage betrieben werden. Der Planer oder Heizungsinstallateur hat den vorherrschenden Randbedingungen bei der Dimensionierung Beachtung zu schenken, damit die Einsatzgrenze der Wärmepumpe in keinem Fall überschritten wird.

### Zuschläge zum Heizleistungsbedarf

Bei der Dimensionierung von Wärmepumpen sind neben den allgemeinen Zuschlägen zur Norm-Heizlast  $\Phi_{HL}$  bei der Auslegung die Sperrzeiten der Wärmepumpe zu beachten (Kapitel: Ermitt-

lung der Norm-Heizlast). Die Sperrzeiten der Elektrizitätswerke müssen durch Zuschläge auf die Heizleistung der Wärmepumpe kompensiert werden.

### Auswahl der Wärmepumpe

Neben den technischen Voraussetzungen für den Einbau einer Wärmepumpe sind der elektrische Anschluss, der Platzbedarf und die Möglichkeit der Nutzung einer Wärmequelle abzuklären. In-

formationen zu diesem Thema liefert die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz.

### Richtwerte zur Planung

Wärmepumpen sind so zu planen, dass sie eine möglichst hohe Jahresarbeitszahl (JAZ) erreichen. Die JAZ ist das Verhältnis der über das Jahr

abgegebenen Heizenergie zur aufgenommenen elektrischen Energie.

Empfohlene Zielwerte der JAZ für Heizwärme u. TWW-Erzeugung bei Neubauten	Zielwert JAZ
Luft/Wasser-Wärmepumpe (Wärmequelle Außenluft)	3
Sole/Wasser-Wärmepumpe (Wärmequelle Erdreich)	4
Wasser/Wasser-Wärmepumpe (Wärmequelle Grundwasser)	4.5

#### Hinweis:

Eine Wärmepumpe mit Erdwärmesonde ist nicht zur Bauaustrocknung geeignet.

Auswahl der Wärmequelle	<p>Ausser bei der Aussenluft bedarf die Nutzung sämtlicher natürlicher Wärmequellen einer Bewilligung durch das zuständige kantonale Amt. In der Regel handelt es sich um das Amt für Energie- und Wasserwirtschaft. Die Wahl der Wärmequelle hängt von der nötigen Norm-Heizlast und den örtlichen Gegebenheiten ab:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Erdregister als Quelle benötigen grosse Flächen (30 bis 60 m<sup>2</sup> pro kW Heizleistung).</li><li>– Erdwärmesonde als Quelle benötigt eine oder mehrere vertikale Sonden, die in eine Tiefe von rund 150 m gebohrt werden (rund 50 W pro Meter Sonde und jährlich maximal 100 kWh/m).</li></ul>	<p>Zur Auslegung der Erdwärmesonden kann ein Programm heruntergeladen werden (siehe Seite 25 Literatur).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Grundwasser als Quelle benötigt ausreichende Wassermengen (150 bis 200 l/h pro kW Heizleistung).</li><li>– Oberflächenwasser als Quelle benötigt ausreichende Wassermengen (300 bis 400 l/h pro kW Heizleistung).</li><li>– Abwasser als Quelle benötigt ausreichende Wassermengen (rund 100 bis 150 l/h pro kW Heizleistung).</li></ul>
Auswahl des Wärmeabgabesystems	<p>Die Wärmepumpe kann grundsätzlich bei jedem Wärmeabgabesystem eingesetzt werden. Niedertemperaturheizungen, wie Fussbodenheizungen oder entsprechend gross dimensionierte Heizkörper, eignen sich besonders gut für den Einsatz von Wärmepumpen. Je nach Systemtemperatur und Wärmequelle kann ein monovalenter Betrieb (Wärmepumpe als einziger Heizungserzeuger) der Wärmepumpe in Frage kommen. Bei Anlagen mit höherer Systemtemperatur kann eine Zusatzheizung (z.B. bestehender Heizkessel) als bivalenter Betrieb sinnvoll sein. Da die Jahresarbeitszahl (JAZ) mit sinkender Vorlauftemperatur spürbar steigt, ist das Wärmeabgabesystem</p> <p>Hinweis: Eine um 5 K tiefere Vorlauftemperatur bringt eine Verbesserung der JAZ in der Grössenordnung von 10 %.</p>	grundssätzlich auf eine tiefe Vorlauftemperatur auszulegen. In Neubauten sollte die Vorlauftemperatur im Auslegungspunkt nicht über 35 °C liegen. Bei einem Heizungsersatz durch eine Wärmepumpe sollte die tatsächlich auftretende Vorlauftemperatur des bestehenden Wärmeabgabesystems im Auslegungspunkt (Massivbau, Mittelland, -8 °C) nicht über 55 °C liegen. Bei Vorlauftemperaturen über 55 °C sind zusätzliche Abklärungen notwendig.

<p><b>Hydraulische Einbindung</b></p>	<p>Wärmepumpen erreichen die JAZ-Zielwerte nur, wenn die hydraulische Einbindung stimmt. Um die Anzahl der Heizzyklen zu reduzieren, muss der von der Wärmepumpe abgegebene Wärimestrom vollständig auf das Heizsystem übertragen werden. Durch das Einstellen eines konstanten Volumenstroms an der Wärmesenkenseite der Wärmepumpe lässt sich dies erreichen. Die hydraulische Einbindung soll dabei nach den Prinzipien der STASCH-Planungshilfen erfolgen. Thermostatventile sind ausschliesslich auf Radiatoren und mit Vorsicht einzusetzen, sie beeinflussen das Hydrauliksystem. Optimal ist die korrekte Einstellung der Heizkurve, wobei die Anpassung der Heizkurveneinstellung durch Messung der Raumtemperatur (Regler mit Raumtemperaturkompensation) erfolgt. Die Installation eines technischen Speichers ist nicht immer vorteilhaft. Gemäss der FAWA-Studie sind die Anlagen mit technischen Speichern weder effizienter als Anlagen ohne, noch takten sie weniger. Der Einsatz eines technischen Speichers ist in folgenden Fällen sinnvoll:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hydraulische Entkoppelung (typisch bei Sanierungen mit unsicheren Betriebsparametern)</li> <li>– Über 40 % der Heizleistung wird von Radiatoren abgegeben</li> <li>– Einbindung weiterer Energiequellen</li> </ul> <p>Als Richtwert für die Dimensionierung des Speichers gelten 12 bis 35 Liter pro Kilowatt der maximalen Wärmepumpenleistung. Die Aufbereitung des Warmwassers soll in die Wärmepumpenanlage integriert werden. Einfache Wassererwärmer mit innen liegendem Wärmeübertrager haben sich am besten bewährt. Kombi-Speicher kommen nur bei der Einbindung von anderen Energiequellen (Sonne, Holz) zum Einsatz.</p>
<p><b>Literatur</b></p>	<p><b>NORMEN UND RICHTLINIEN</b>        - EN 15450 Heizsysteme in Gebäuden – Planung von Heizungssystemen mit Wärmepumpen.</p> <p><b>LITERATUR, SOFTWARE, FACHSTELLEN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), <a href="http://www.fws.ch">www.fws.ch</a></li> <li>- A. Huber: Hydraulische Auslegung von Erdwärmesondenkreisläufen. Bundesamt für Energie (BFE) 1999, Publikation Nr. 195393, Excel-Werkzeuge: <a href="http://www.hetag.ch/software.html">http://www.hetag.ch/software.html</a></li> <li>- M. Erb, M. Ehrbar, P. Hubacher : Feldanalysen von Wärmepumpenanlagen 1996-2003. Bundesamt für Energie (BFE) 2004, Publikation Nr. 240016.</li> <li>- A. Afjei , HR. Gabathuler, H. Mayer: Standardschaltungen für Kleinwärmepumpenanlagen; Teil 1: STASCH-Planungshilfen. Bundesamt für Energie (BFE) 2002, Publikation Nr. 220216.</li> </ul>

Dieses Kapitel entstammt einer Publikation von Minergie/Energie Schweiz: "Dimensionierungshilfe Wärmepumpen"

Ermittlung des Volumenstroms

Der Volumenstrom  $V$  einer Umwälzpumpe ist von der Norm-Heizlast  $\Phi_{HL}$  (siehe die Kapitel "Bestimmung der Heizleistung") abhängig.

Wenn bezüglich Auslegungs-Temperaturdifferenzen  $\Delta T$  kein Planungswert vorliegt, gelten die Richtwerte für bestehende Bauten. So lässt sich der erforderliche Volumenstrom für die Grobdimensionierung bestimmen.

Wenn die Norm-Heizlast  $\Phi_{HL}$  auf mehrere Heiz-

gruppen aufgeteilt werden muss, können die Energiebezugsflächen EBF (geheizte Bruttogeschossflächen) der Gruppen als Aufteilungs-Schlüssel dienen. Dies gilt nicht für Rohrnennenweiten oder die Leistung bestehender Pumpen.

Bei TABS und Vorlauftemperatur unter 30 °C (Anlagen mit Selbstregeleffekt) kann  $\Delta T = 5$  K oder weniger betragen.

Fussbodenheizung ( $\Delta T = 10$  K):

$$V \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \frac{\Phi_{HL} [kW]}{12}$$

Niedertemperatur-Radiatoren ( $\Delta T = 15$  K):

$$V \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \frac{\Phi_{HL} [kW]}{12}$$

Normale/ältere Radiatoren, max.

VL-Temperatur über 60 °C ( $\Delta T = 20$  K):

$$V \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \frac{\Phi_{HL} [kW]}{12}$$

Ermittlung der Förderhöhe  
(Richtwerte bei best. Anlagen)

Für Heizgruppen-Pumpen gibt es einfache Richtwerte zur Ermittlung der richtigen Förderhöhe. Die Angaben sind in Metern Wassersäule (mWs). Ein mWs entspricht zehn Kilopascal (kPa).

Für andere Anwendungen und Heizungen mit Wärmezähler im Kreislauf gibt es keine Richtwerte. Eine Berechnung wie bei Neuplanungen ist notwendig.

Richtwerte Pumpen-Förderhöhe für verschiedene Wärmeabgabesysteme		Förderhöhe
Fussbodenheizung		1.5 bis 3 mWs
Normalfall für Radiatorheizung		1 mWs
Sehr grosse Radiator-Heizgruppen		bis 2 mWs

Ermittlung der Förderhöhe  
(Berechnung bei Neuanlagen)

Die erforderliche Förderhöhe  $H$  ergibt sich aus der Rohrnetzberechnung und den Einzelwiderständen. Bei grosszügiger Rohrnetzdimensionierung ist eine Abschätzung mittels Richtwerten möglich. Wenn sich für die Heizgruppenpumpe mehr als 2 mWs Förderhöhe ergeben (Fussbodenheizungen oder sehr grosse Anlagen) oder 1.5 mWs für Radiatorheizung, ist die Berechnung zu überprüfen. Die Anlage muss angepasst (grössere Nennweiten, druckverlustarme Wärmezähler und

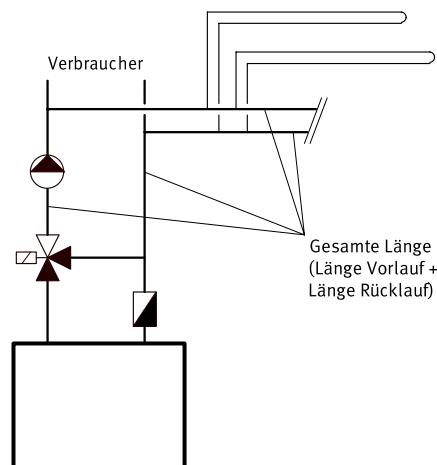
Armaturen etc.) werden. Die Werte sollen nicht grösser als die Richtwerte sein.

Hinweis:

Wenn an Thermostatventilen mehr als 1.5 bis 2 mWs Druck anliegen, drohen im Betrieb Pfeif- oder Fließgeräusche. Auf keinen Fall "vorsichtshalber" eine zu grosse Förderhöhe wählen oder einstellen.

## Dimensionierung von Umwälzpumpen

Berechnungsbeispiel	- Heizkreise Fussbodenheizung	= 0.50 mWs
Förderhöhe	(0.2 bis 0.6 mWs)	
	- Heizkreisverteiler/Ventile	= 0.20 mWs
	- Rohrnetz:	
	grösste Länge · 0.005 mWs (für 50 m)	= 0.25 mWs
	- Regelventil Vorlauftemperatur	= 0.30 mWs
	- Wärmezähler, Wärmepumpe: gemäss Datenblatt	= 0.25 mWs
	Total	= 1.50 mWs

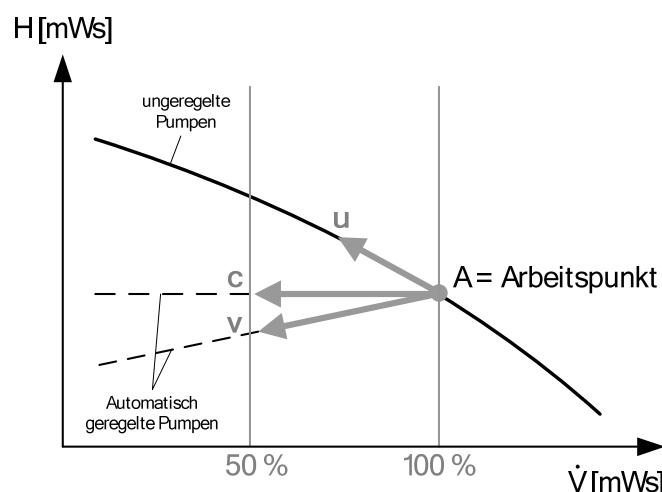


Auswahl der Pumpen  
Mit den Richtwerten für Volumenstrom und Förderhöhe kann im Pumpenkatalog oder mit einer Pumpen-Suchhilfe die geeignete Umwälzpumpe für die Heizgruppe gefunden werden. Ersatz-Pumpen sollen nie einfach nach den Anschlussdimensionen im Austauschspiegel gewählt werden!

Die Anschlussdimensionen korrekt dimensionierter Pumpen sind oft kleiner als beim bestehenden Rohrnetz. Die geringen Installationsanpassungen zur Nennweitenreduktion zahlen sich aus.

Arbeitspunkt und Pumpenkennlinie  
Um die optimale Pumpe zu finden, sind einige Kenntnisse des Verhaltens von Pumpen in Heizungsanlagen nötig. Mit der richtigen Auswahl wird die Einstellung vereinfacht, Geräuschprobleme werden vermieden und grosse Stromkostenersparnungen erreicht. Das Verhalten der Umwälzpumpen ohne und mit Drehzahlregelung lässt sich am besten im Pumpendiagramm erklären. Der Schnittpunkt des Volumenstroms mit

der Pumpen-Kennlinie ergibt den Arbeitspunkt A. Der Arbeitspunkt soll ungefähr bei zwei Dritteln des maximalen Volumenstroms der Pumpe liegen. Bei einer Drosselung des Volumenstroms, zum Beispiel durch Thermostatventile oder das Schliessen von Radiatorventilen, verschiebt sich der Arbeitspunkt je nach Regelung der Pumpe unterschiedlich nach links.



u UNGEREGELTE PUMPE

Die Förderhöhe H nimmt zu! Für Heizgruppen sollen ungeregelte Pumpen nur eingesetzt werden, wenn sie eine flache Pumpenkennlinie aufweisen. Bei zunehmender Förderhöhe besteht die Gefahr

von Ventilgeräuschen. Bei 50 % Volumenstrom soll H nicht über 2 mWs sein.

c AUTOMATISCH GEREGELTE PUMPEN:

EINSTELLUNG "KONSTANTE FÖRDERHÖHE"

Drehzahlgeregelte Pumpen mit dieser Regelungsart können für alle Anwendungen eingesetzt

werde. Zur richtigen Einstellung muss die erforderliche Förderhöhe bekannt sein.

v AUTOMATISCH GEREGELTE PUMPEN: EINSTELLUNG "VARIABLE" ODER "PROPORTIONALE" FÖRDERHÖHE

Diese Regelungsart ist vor allem bei Anlagen mit hohen Strömungswiderständen vorteilhaft, weil bei Drosselung auch die Förderhöhe zurückge-

nommen wird. Bei steil abfallender Regelkennlinie besteht jedoch das Risiko einer Unterversorgung entfernter Verbraucher.

Welcher Pumpentyp  
für welche  
Anwendung?

- Für Heizgruppen mit Thermostatventilen sind drehzahlgeregelte Pumpen mit Energy-Label A optimal. Wenn die Regelungsart einstellbar ist, soll "konstante Förderhöhe" gewählt werden. Das gilt nicht für Anlagen mit besonders hohen Strömungswiderständen im Kreislauf, dort ist die Einstellung "variable Förderhöhe" günstiger.

- In Heizgruppen ohne grosse Variationen des Volumenstroms, wie Fußbodenheizung ohne Thermostatventile (für sehr niedrige Vorlauftemperatur ausgelegt), sind auch ungeregelte Pumpen gut einsetzbar. Sie sind kostengünstiger, müssen aber genauer ausgelegt werden. Zu beachten ist ein guter Wirkungsgrad (Energy-Label A oder B). Pumpen mit Drehzahl-Stufen weisen auf den tieferen Stufen einen schlechteren Wirkungsgrad auf und sollen deshalb für die höchste Stufe dimensioniert werden.

- Ungeregelte Pumpen sind vor allem geeignet für Primärkreise (Wärmeerzeuger-, Wärmequellen- und Solarkreis-Pumpen) sowie als Zirkulations- und Speicherladepumpen. Drehzahlgeregelte Pumpen (Einstellung "konstante Förderhöhe") können für solche Anwendungen praktisch sein, weil die Leistung einfach anzupassen ist.

- Ausschlaggebend für den Stromverbrauch und die damit verbundenen Betriebskosten einer Pumpe ist neben der richtigen Auslegung auch der Wirkungsgrad! Bei langen jährlichen Betriebszeiten (Heizgruppe, Warmwasser-Zirkulation, Wärmequellenförderung) Pumpen mit dem Energy-Label A wählen (bei ungeregelten Pumpen auch B). Die A-Klasse erreichen nur Pumpen mit der neuen Permanentmagnet-Motortechnik. Die Mehrkosten der A-Klasse-Pumpen zahlen sich durch Stromeinsparungen rasch aus.

- Standard-Pumpen für Kompaktwärmesentralen (Units) sind oft zu gross, da sie für den "schlimmsten Fall" eines Wärmeabgabesystems ausgelegt sind. Weil sie billig sein sollen, weisen sie oft weder gute Wirkungsgrade noch eine Drehzahlregelung auf. Wenn möglich das Unit ohne Pumpe bestellen und der Anlage eine richtig dimensionierte Pumpe mit

dem Energy-Label A "gönnen". Es sei denn, die eingebaute Pumpe hat ein Energy-Label A oder B. Vom Hersteller in Units eingebaute Pumpen sind zum Teil Spezialausführungen mit unterschiedlichen Typenbezeichnungen und Anschlüssen als die zugrunde liegende Einzelpumpe. In diesem Fall können sie nicht durch ein anderes

Modell ersetzt werden. Wichtig ist hierbei die richtige Stufen- oder Kennlinieneinstellung. Bei grob überdimensionierten Pumpen sollte der Anbieter kontaktiert oder ein anderes Unit-Fabrikat gewählt werden.

#### Inbetriebnahme,

##### Einstellung

Damit drehzahlgeregelte, mehrstufige Pumpen so laufen wie geplant, ist die richtige Einstellung entscheidend. Auf einer Etikette (am besten bei der Pumpe befestigt) soll der Einstellwert festgehalten werden. Damit wird vermieden, dass beim nächsten Service jemand "vorsichtshalber" auf das Maximum stellt. Bei drehzahlgeregelten Pumpen kann meist die Regelungsart und eine Kennlinie oder Förderhöhe (für das Kennlinienmaximum) eingestellt werden:

- Konstante Kennlinie ("c") für die meisten Anwendungen
- Variable Kennlinie ("v" oder "p") für Anlagen mit hohen Strömungswiderständen
- Kennlinien-Wert oder Förderhöhe gemäss "Ermittlung der Förderhöhe" **ACHTUNG:** Der eingestellte Wert gilt in der Regel für den maximalen Volumenstrom der Kennlinie. In der Regel wird der automatisch geregelte Volumenstrom kleiner sein. Bei ungeregelten Pumpen mit Drehzahlstufen muss das Pumpendiagramm aus dem Datenblatt konsultiert werden und die Stufe unter Berücksichtigung der Hinweise weiter oben gewählt werden.

#### Dimensionierungs-

##### Kontrolle:

##### Die Promille-Regel

Die elektrische Leistungsaufnahme der Pumpe beträgt rund ein Promille (0.001) der benötigten thermischen Heizleistung.

Die Promille-Regel gilt für Heizgruppenpumpen herkömmlicher Bauart in kleinen bis mittleren Mehrfamilienhäusern. In Ein- und Zweifamilienhäusern können Pumpen älterer Bauart 2-3 Promille benötigen, in grösseren Anlagen (Pumpenleistungen über 200 W) und bei modernen

#### WAS TUN, WENN EINZELNE RADIATOREN KALT BLEIBEN?

##### 1) Durchspülen:

Der Kreislauf muss nach Installationsarbeiten durchgespült werden (gegebenenfalls nachholen).

##### 2) Entlüften:

Eine korrekte Entlüftung ist nach einer Neufüllung oft schon nach wenigen Tagen wieder nötig.

##### 3) Abgleichen:

Einen allfälligen hydraulischen Abgleich mit Strangreglern sorgfältig durchführen.

##### 4) Überprüfen:

Die Voreinstellung von Thermostatventilen und einstellbaren Rücklaufverschraubungen überprüfen und eventuell anpassen. Die Heizkörper nahe der Pumpe tendenziell etwas drosseln.

##### 5) Wenn alles nichts nützt:

Die Pumpe auf eine höhere Stufe oder Kennlinie einstellen.

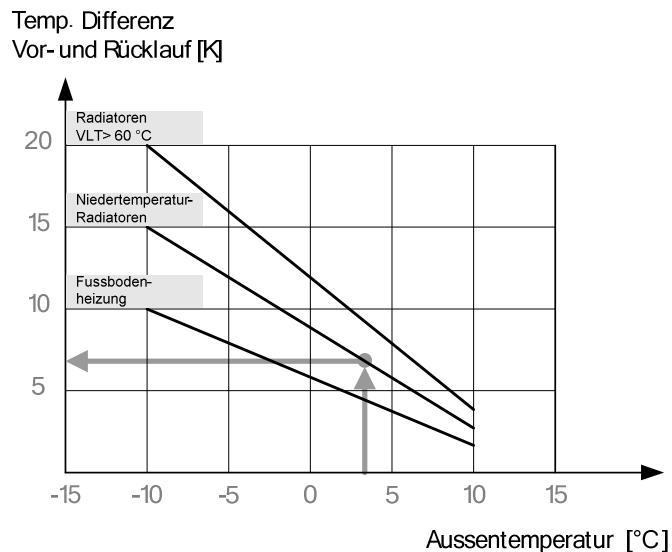
Pumpen mit A oder B-Label sollen 0.5 Promille ausreichen.

Bei Pumpen mit automatischer Drehzahlregelung kann die maximale Leistungsaufnahme (der Promillewert) etwas grösser sein, da sie nur in grossen Leistungsabstufungen erhältlich sind.

**ACHTUNG:** Bei starker Überdimensionierung funktioniert die Regelung unter Umständen nicht! Hochwirkungsgrad-Pumpen mit Energy-Label A

dürfen keinesfalls über 1 Promille liegen, da sie viel kleinere elektrische Leistungen benötigen.

Kontrolle von Pumpen in Betrieb	Zwischen Vor- und Rücklauf der Heizgruppe soll eine Temperaturdifferenz gemäss Grafik festzustellen sein. Ist sie wesentlich kleiner,	so ist die Pumpe überdimensioniert oder zu hoch eingestellt. Die Pumpe tiefer stellen!
---------------------------------	---	--



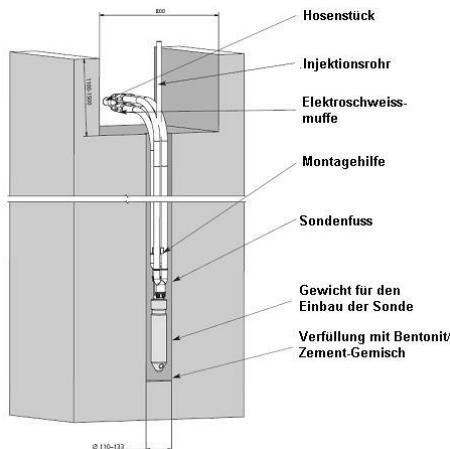
Beispiel: Heizung mit Niedertemperatur-Radiatoren, Aussentemperatur +3 °C = Optimale Temperaturdifferenz 7 K.

Literatur Dieses Kapitel entstammt einer Publikation von Minergie/Energie Schweiz: "Dimensionierungshilfe Umwälzpumpen"

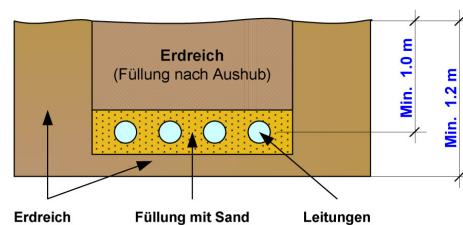
## Anhang I (Aufbau von Wärmequellen)

Aufbau und  
Zuleitung der  
Erdwärmesonde

### AUFBAU EINER DUPLEX-ERDWÄRMESONDE:

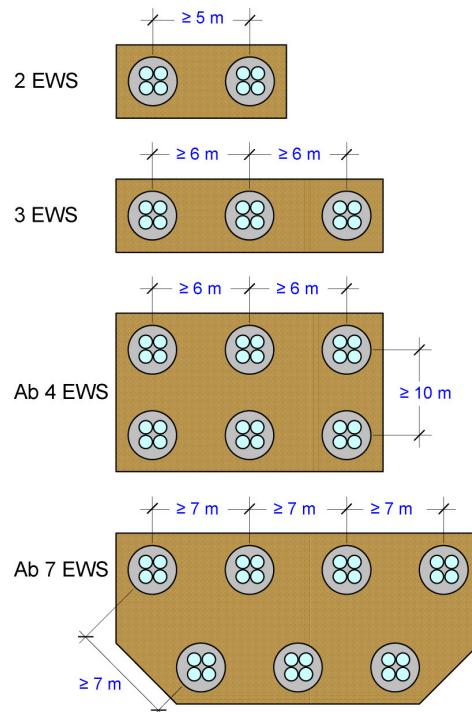


### LEITUNGSVERLEGUNG IM ERDREICH:

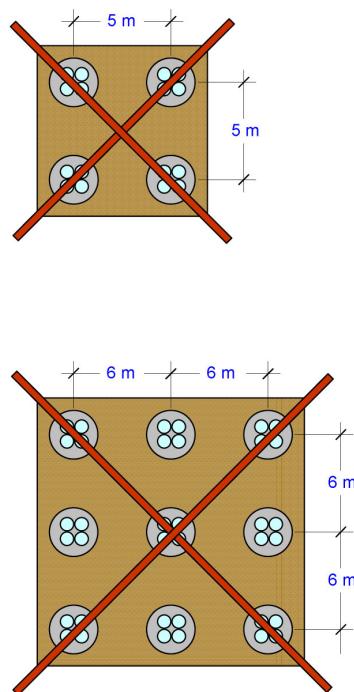


Anordnung  
mehrerer Erdwärmesonden

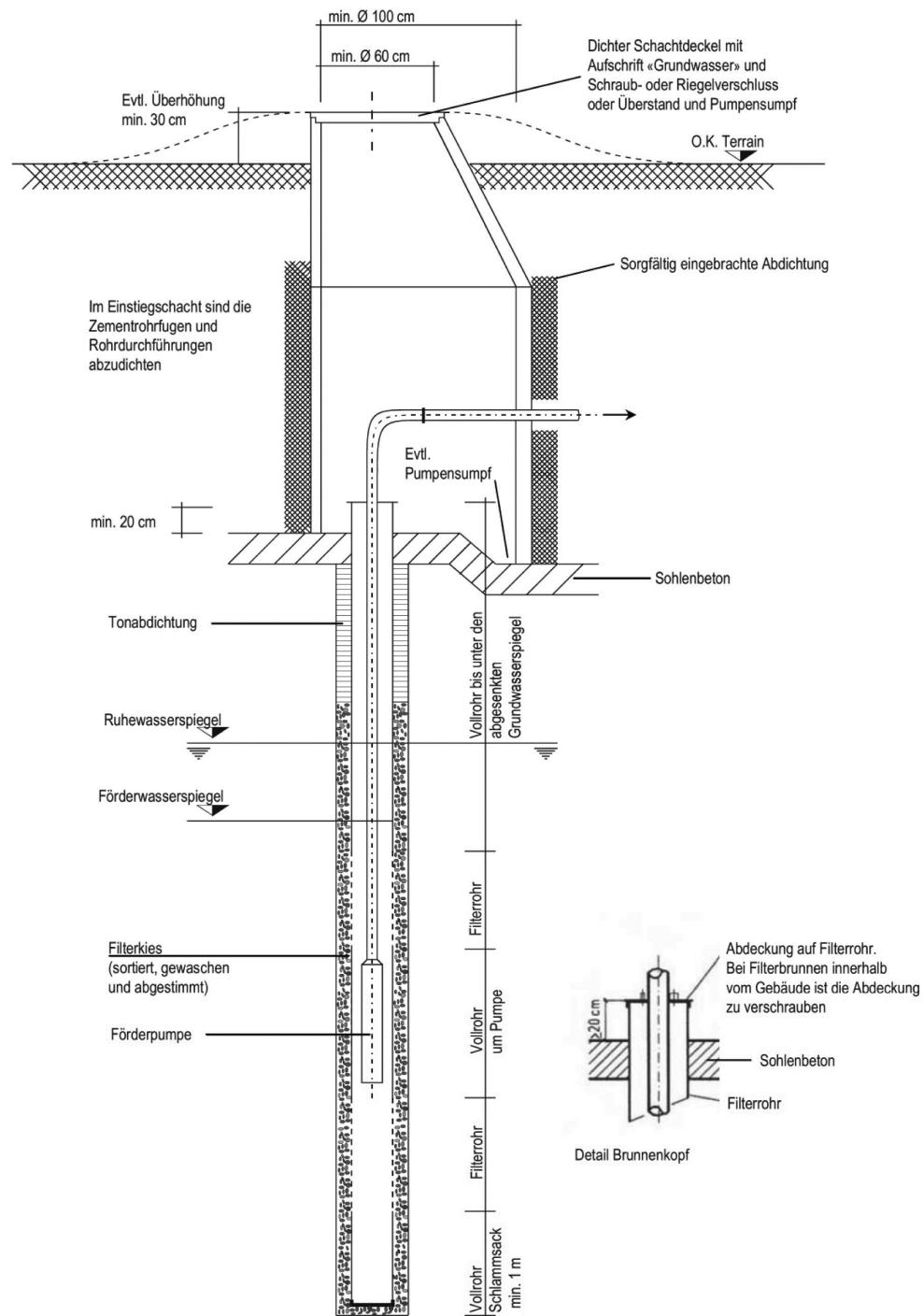
#### RICHTIG:



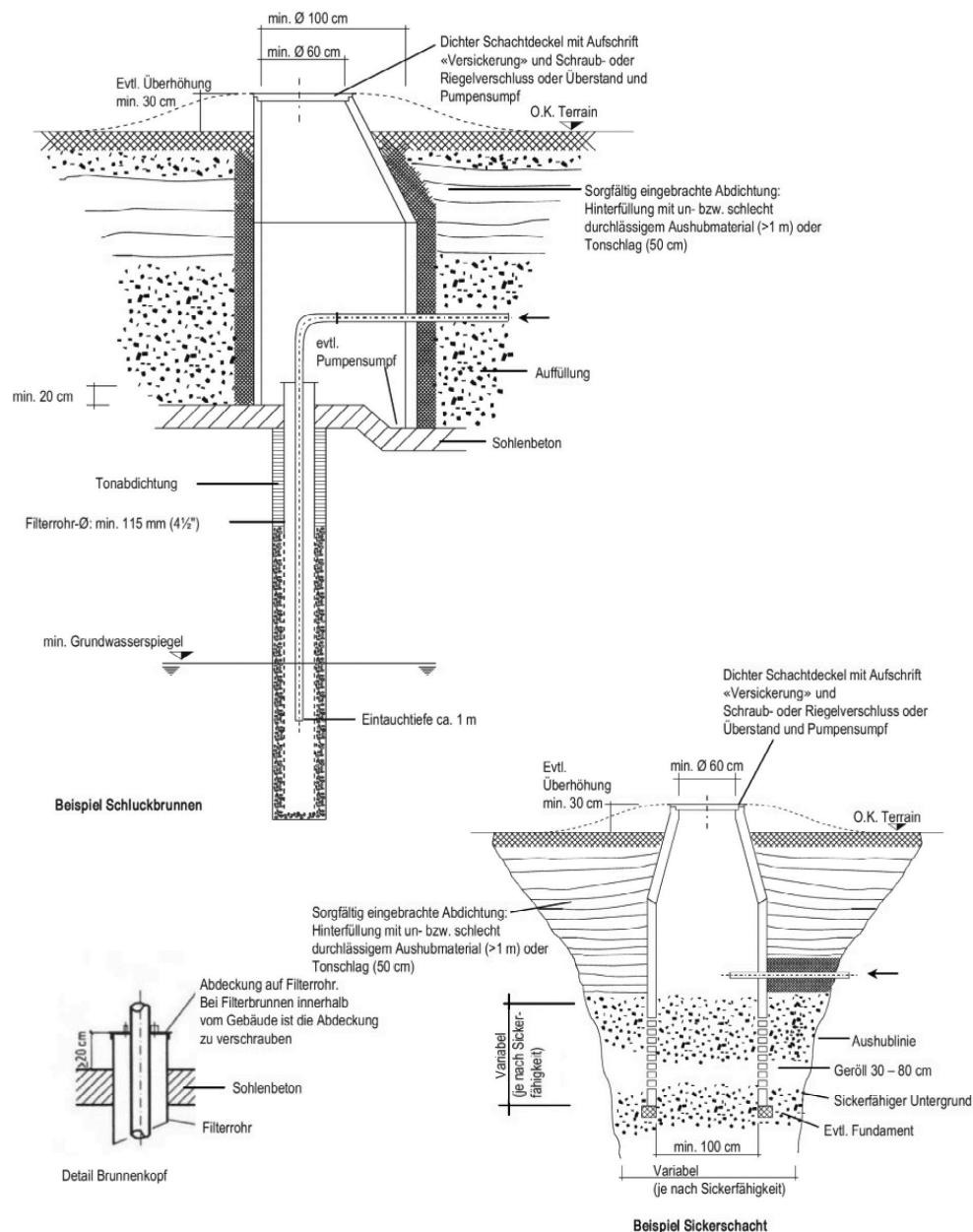
#### FALSCH:



Aufbau eines  
Förderbrunnens



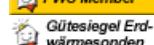
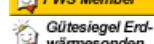
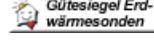
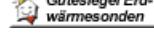
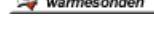
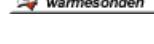
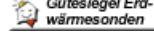
Aufbau eines Rück-  
gabebauwerkes

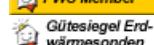
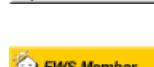
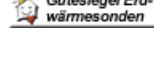
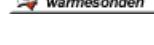
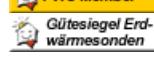
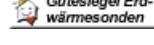
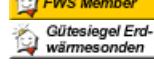
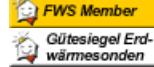


## Anhang II (Kantonale Anlaufstellen, Bohrfirmen)

Kantonale Anlaufstellen	Amt für Energie und Verkehr Graubünden Rohanstrasse 5 7001 Chur / GR	081 257 36 24 <a href="http://www.aev.gr.ch">www.aev.gr.ch</a> <a href="mailto:energie@afe.gr.ch">energie@afe.gr.ch</a>
	Amt für Energie Uri Klausenstrasse 2 6460 Altdorf / UR	041 875 26 88 <a href="http://www.ur.ch/aemter/828">www.ur.ch/aemter/828</a> <a href="mailto:energie@ur.ch">energie@ur.ch</a>
	Amt für Umwelt Kasernenstrasse 17 A 9102 Herisau / AR	071 353 65 35 <a href="http://www.ar.ch/verwaltung/departement-bau-und-volkswirtschaft/">www.ar.ch/verwaltung/departement-bau-und-volkswirtschaft/</a> <a href="mailto:info@energie-ar.ch">info@energie-ar.ch</a>
	Amt für Umwelt Bahnhofstrasse 55 8510 Frauenfeld / TG	058 345 51 51 <a href="http://www.umwelt.tg.ch">www.umwelt.tg.ch</a> <a href="mailto:umwelt.afu@tg.ch">umwelt.afu@tg.ch</a>
	Amt für Umwelt / Boden Greibenhof, Werkhofstrasse 5 4509 Solothurn / SO	032 627 24 47 <a href="http://www.so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/">www.so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/</a> <a href="mailto:afu@bd.so.ch">afu@bd.so.ch</a>
	Amt für Umwelt Nidwalden Stansstaderstrasse 59 6371 Stans / NW	041 618 75 04 <a href="https://www.nw.ch/amtumwelt/223">https://www.nw.ch/amtumwelt/223</a> <a href="mailto:afu@nw.ch">afu@nw.ch</a>
	Amt für Umwelt und Energie Hochbergerstrasse 158 4019 Basel / BS	061 639 22 22 <a href="http://www.aue.bs.ch/">www.aue.bs.ch/</a> <a href="mailto:energie@bs.ch">energie@bs.ch</a>
	Amt für Umwelt und Energie AFU Lämmlisbrunnenstrasse 54 9001 St. Gallen / SG	071 229 30 88 <a href="http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Energie.html">www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Energie.html</a> <a href="mailto:info.afu@sg.ch">info.afu@sg.ch</a>
	Amt für Umweltkoordination und Energie AUE Reiterstrasse 11 3011 Bern / BE	031 633 36 51 <a href="http://www.be.ch/aue">www.be.ch/aue</a> <a href="mailto:info.aue@bve.be.ch">info.aue@bve.be.ch</a>
	Amt für Umweltschutz Kollegiumsstrasse 28 6431 Schwyz / SZ	041 819 20 35 <a href="https://www.sz.ch/behoerden/umwelt-natur-landschaft/umweltschutz/amt-fuer-umweltschutz.html/72-416-397-392-3898">https://www.sz.ch/behoerden/umwelt-natur-landschaft/umweltschutz/amt-fuer-umweltschutz.html/72-416-397-392-3898</a> Kontaktformular-Link auf Webseite
	Amt für Umweltschutz und Energie Rheinstrasse 29 4410 Liestal / BL	061 552 55 201 11 <a href="http://www.basel.land.ch/politik-und-behorden/direktionen/">www.basel.land.ch/politik-und-behorden/direktionen/</a> ... <a href="mailto:aue.umwelt@bl.ch">aue.umwelt@bl.ch</a>
	Amt für Volkswirtschaft Dr. Grass-Strasse 12 9490 Vaduz / FL	00423 236 64 00 <a href="https://www.llv.li/inhalt/12298/amtsstellen/amt-für-umwelt">https://www.llv.li/inhalt/12298/amtsstellen/amt-für-umwelt</a> <a href="mailto:info.au@llv.li">info.au@llv.li</a>
	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Abteilung Energie / Stampfenbachstrasse 12 8090 Zürich / ZH	043 259 42 66 <a href="http://www.awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/home.html">www.awel.zh.ch/internet/baudirektion/awel/de/home.html</a> ... <a href="mailto:energie@bd.zh.ch">energie@bd.zh.ch</a>
	Bau- und Umweltdepartement Gaiserstr. 8 9050 Appenzell / AI	071 788 93 41 <a href="https://www.ai.ch/verwaltung/bau-und-umweltdepartement/">https://www.ai.ch/verwaltung/bau-und-umweltdepartement/</a> <a href="mailto:info@bud.ai.ch">info@bud.ai.ch</a>
	Amt für Umweltschutz Aabachstrasse 5 6300 Zug / ZG	041 728 53 70 <a href="http://www.zg.ch/behoerden/baudirektion/amt-fuer-umweltschutz">www.zg.ch/behoerden/baudirektion/amt-fuer-umweltschutz</a> <a href="mailto:info.afu@bd.zg.ch">info.afu@bd.zg.ch</a>

Kantonale Anlaufstellen	Centre cantonal info énergie (SEVEN) Rue du Valentin 10 1014 Lausanne / VD	021 316 95 55 <a href="http://www.vd.ch/themes/environnement/energie/">www.vd.ch/themes/environnement/energie/</a> <a href="mailto:info.energie@vd.ch">info.energie@vd.ch</a>
	Departement Bau und Umwelt Kirchstrasse 2 8750 Glarus / GL	055 646 64 50 <a href="http://www.gl.ch/verwaltung/bau-und-umwelt/umwelt-wald-und-energie.html/806">www.gl.ch/verwaltung/bau-und-umwelt/umwelt-wald-und-energie.html/806</a> <a href="mailto:olivier.scheurer@gl.ch">olivier.scheurer@gl.ch</a>
	Dienstelle für Energie und Wasserkraft Avenue due Midi 7 1950 Sion / VS	027 606 31 00 <a href="http://www.vs.ch/web/sefh/tiefe-geothermie">www.vs.ch/web/sefh/tiefe-geothermie</a> <a href="mailto:energie@admin.vs.ch">energie@admin.vs.ch</a>
	Dipartimento delle finanze e dell'economia Sandro Pitzozzi Piazza Governo 7 6500 Bellinzona / TI	091 814 39 88 091 814 44 86 (Fax) <a href="https://www4.ti.ch/dfe/dr/ue/home/">https://www4.ti.ch/dfe/dr/ue/home/</a> <a href="mailto:dfe-energia@ti.ch">dfe-energia@ti.ch</a>
	Fachstelle Energie Ennetfelderstrasse 22 5001 Aarau / AG	062 835 28 80 <a href="http://www.ag.ch/de/bvu/energie/energie.jsp">www.ag.ch/de/bvu/energie/energie.jsp</a> <a href="mailto:energie@ag.ch">energie@ag.ch</a>
	Kanton Obwalden Flüelistrasse 1 6061 Sarnen / OW	041 666 64 24 <a href="http://www.ow.ch/de/verwaltung/aemter/welcome.php?amt_id=1013">www.ow.ch/de/verwaltung/aemter/welcome.php?amt_id=1013</a> <a href="mailto:energie@ow.ch">energie@ow.ch</a>
	Office de l'environnement Chemin du Bel'Oiseau 12 / Case postale 69 2882 Saint-Ursanne / JU	032 420 48 00 <a href="http://www.jura.ch/DEN/ENV.html">www.jura.ch/DEN/ENV.html</a> <a href="mailto:michel.frey@jura.ch">michel.frey@jura.ch</a>
	Office cantonal de l'énergie Rue du Puits-Saint-Pierre 4 / Case postale 3920 1211 Genève 3 / GE	022 327 93 60 <a href="http://www.ge.ch/parcourir#territoire_et_environnement-energie">www.ge.ch/parcourir#territoire_et_environnement-energie</a> <a href="mailto:ocen@etat.ge.ch">ocen@etat.ge.ch</a>
	Service de l'énergie et de l'environnement Rue du Tombet 24 2000 Neuchâtel	032 889 67 30 <a href="http://www.ne.ch/autorites/DDTE/SENE/energie/Pages/accueil.aspx">www.ne.ch/autorites/DDTE/SENE/energie/Pages/accueil.aspx</a> <a href="mailto:sene@ne.ch">sene@ne.ch</a>
	Service d'information sur les économies d'énergie Rue de la Préfecture 2 / Case postale 65 2608 Courtelary / BE	032 944 18 40 <a href="http://www.bve.be.ch/bve/fr/index/direktion/organisation/aue.html">/www.bve.be.ch/bve/fr/index/direktion/organisation/aue.html</a> <a href="mailto:info@planair.ch">info@planair.ch</a>
	Service de l'énergie SdE Bd de Pérolles 25 / Case postale 1350 1701 Fribourg / FR	026 305 28 41 <a href="http://www.fr.ch/sde">www.fr.ch/sde</a> <a href="mailto:sde@fr.ch">sde@fr.ch</a>
	Energiefachstelle Frauengasse 24 8200 Schaffhausen / SH	052 632 73 29 <a href="http://www.sh.ch/Erdsonden-Erdkoerbe-und-Erdko.1177.0.html">www.sh.ch/Erdsonden-Erdkoerbe-und-Erdko.1177.0.html</a> <a href="mailto:energiefachstelle@ktsh.ch">energiefachstelle@ktsh.ch</a>
	Umwelt und Energie (uwe) Libellenrain 15 6002 Luzern / LU	041 228 60 60 <a href="https://uwe.lu.ch/">https://uwe.lu.ch/</a> <a href="mailto:uwe@lu.ch">uwe@lu.ch</a>

Bohrfirmen	ACR Energiebohr AG Karlhof 9 7208 Malans / GR	081 322 70 10 <a href="http://www.acr-energiebohr.ch">www.acr-energiebohr.ch</a> <a href="mailto:info@acr-energiebohr.ch">info@acr-energiebohr.ch</a>	 
	AEB Erdwärme AG Jurastrasse 2 4522 Rüttenen / SO	032 652 89 06 <a href="http://www.aeb-erdwaerme.ch">www.aeb-erdwaerme.ch</a> <a href="mailto:info@aeb-erdwaerme.ch">info@aeb-erdwaerme.ch</a>	
	Agtan SA Chemin des Terreaux 3 1580 Avenches/ VD	026 535 20 20 <a href="http://www.agtan.ch/fr">www.agtan.ch/fr</a> <a href="mailto:info@agtan.ch">info@agtan.ch</a>	 
	Aqua-Bohr AG Gärbigass 23 6215 Beromünster / LU	041 931 05 20 <a href="http://www.aqua-bohr.ch">www.aqua-bohr.ch</a> <a href="mailto:info@aqua-bohr.ch">info@aqua-bohr.ch</a>	 
	Augsburger Géothermie SA Route d'Yvonand 2 1522 Lucens / VD	021 906 17 17 <a href="http://www.grisoni-zaugg.ch/augsburger-ge">www.grisoni-zaugg.ch/augsburger-ge</a> <a href="mailto:augsburger@grisoni-zaugg.ch">augsburger@grisoni-zaugg.ch</a>	 
	Blétry AG Benkenstrasse 52 5024 Küttigen / AG	062 839 00 20 <a href="http://www.bletryag.ch">www.bletryag.ch</a> <a href="mailto:info@bletryag.ch">info@bletryag.ch</a>	
	Bohr AG Surselva Via Principala 27 7156 Rueun / GR	081 936 23 40 <a href="http://www.luzi-bohr.ch">www.luzi-bohr.ch</a> <a href="mailto:info@bohrag.ch">info@bohrag.ch</a>	
	Bohrfix AG Altgraben 6 4624 Härringen / SO	062 389 00 20 <a href="http://www.bohrfix.ch">www.bohrfix.ch</a> <a href="mailto:info@bohrfix.ch">info@bohrfix.ch</a>	 
	Broder AG St. Gallerstrasse 128 7320 Sargans / SG	081 720 00 33 <a href="http://www.broder.ch">www.broder.ch</a> <a href="mailto:broder@broder.ch">broder@broder.ch</a>	 
	Bürge AG Pfattstrasse 8 / Postfach 17 9536 Schwarzenbach / SG	071 923 03 15 <a href="http://www.buergeag.ch">www.buergeag.ch</a> <a href="mailto:bohrungen@buergeag.ch">bohrungen@buergeag.ch</a>	 
	Calodrill Rosenmund Laufen AG Wahlenstrasse 175 4242 Laufen / BL	061 765 44 00 <a href="http://www.calodrill.ch">www.calodrill.ch</a> <a href="mailto:info@calodrill.ch">info@calodrill.ch</a>	 
	CAPO-Bohr AG Curtins 22 7504 Pontresina / GR	081 650 02 66 <a href="http://www.capo-bohr.com">www.capo-bohr.com</a> <a href="mailto:info@capo-bohr.com">info@capo-bohr.com</a>	
	ESB Bohrtechnik GmbH Bösch 81 6331 Hünenberg / ZG	056 536 05 67 <a href="http://www.esbbohrteam.ch">www.esbbohrteam.ch</a> <a href="mailto:info@esbbohrteam.ch">info@esbbohrteam.ch</a>	 
	e-therm ag Postgässli 23 3661 Uetendorf / BE	058 226 78 30 <a href="http://www.e-therm.ch">www.e-therm.ch</a> <a href="mailto:info@e-therm.ch">info@e-therm.ch</a>	
	Gadola Bau AG Grossrietstrasse 11 a 8606 Nänikon / ZH	044 905 40 60 <a href="http://www.gadola-bau.ch">www.gadola-bau.ch</a> <a href="mailto:erdwaermesonden@gadola-bau.ch">erdwaermesonden@gadola-bau.ch</a>	 

Bohrfirmen	Gebr. Mengis AG Schlosstrasse 3 6005 Luzern / LU	041 310 24 32 <a href="http://www.mengis-gebr.ch">www.mengis-gebr.ch</a> <a href="mailto:info@mengis-gebr.ch">info@mengis-gebr.ch</a>	 
	Geo-Bohrungen AG Sandgrueba 23 1718 Rechthalten / FR	026 419 04 70 <a href="http://www.geo-bohrungen.ch">www.geo-bohrungen.ch</a> <a href="mailto:info@geo-bohrungen.ch">info@geo-bohrungen.ch</a>	 
	Geo-Bohrungen AG Elsternweg 6 3612 Steffisburg / BE	033 33 555 01 <a href="http://www.geo-bohrungen.ch">www.geo-bohrungen.ch</a> <a href="mailto:steffisburg@geo-bohrungen.ch">steffisburg@geo-bohrungen.ch</a>	 
	Geotherm SA Mertenstrasse 25 3186 Düdingen / FR	058 387 25 88 <a href="http://www.geotherm.ch">www.geotherm.ch</a> <a href="mailto:info.belfaux@kibag.ch">info.belfaux@kibag.ch</a>	 
	Geotherm AG Bächastrasse 73 8806 Bäch / SZ	058 387 25 80 <a href="http://www.geotherm.ch">www.geotherm.ch</a> <a href="mailto:info.baech@kibag.ch">info.baech@kibag.ch</a>	 
	Green Terra AG Postfach 104 8865 Bilten / GL	043 244 20 80 <a href="http://www.green-terra.ch">www.green-terra.ch</a> <a href="mailto:info@green-terra.ch">info@green-terra.ch</a>	 
	Groundtec AG Bielstrasse 24 3900 Brig / VS	027 924 45 70 <a href="http://www.groundtec.ch">www.groundtec.ch</a> <a href="mailto:info@groundtec.ch">info@groundtec.ch</a>	 
	Grünenwald AG Lauetstrasse 39 8112 Otelfingen / ZH	043 243 53 53 <a href="http://www.gruenenwald-ag.ch">www.gruenenwald-ag.ch</a> <a href="mailto:info@gruenenwald-ag.ch">info@gruenenwald-ag.ch</a>	 
	GTB Erdbohrungen Industriestrasse 3700 Spiez / BE	033 654 36 00 <a href="http://www.geotiefbohr.ch">www.geotiefbohr.ch</a> <a href="mailto:info@geotiefbohr.ch">info@geotiefbohr.ch</a>	 
	GTB Erdbohrungen Postfach 816 8708 Männedorf / ZH	044 920 36 10 <a href="http://www.geotiefbohr.ch">www.geotiefbohr.ch</a> <a href="mailto:info@geotiefbohr.ch">info@geotiefbohr.ch</a>	 
	GW Geowärme AG Fabrikstrasse 3 / Postfach 153 3900 Gamsen / VS	027 945 15 37 <a href="http://www.geowaerme.ch">www.geowaerme.ch</a> <a href="mailto:info@geowaerme.ch">info@geowaerme.ch</a>	 
	Hans Barnettler + Co. AG Gwärbi 325 5054 Moosleerau / AG	062 738 66 66 <a href="http://www.erdenergie.ch">www.erdenergie.ch</a> <a href="mailto:info@barcoag.ch">info@barcoag.ch</a>	 
	HASTAG St. Gallen Bau AG Waldmannstr. 9a 9014 St. Gallen / SG	071 274 23 23 <a href="http://www.hastag-sg.ch">www.hastag-sg.ch</a> <a href="mailto:info@hastag-sg.ch">info@hastag-sg.ch</a>	 
	Heim Bohrtechnik AG Bafflesstrasse 15 9450 Altstätten / SG	071 560 53 10 <a href="http://www.hb-ag.ch">www.hb-ag.ch</a> <a href="mailto:heim@hb-ag.ch">heim@hb-ag.ch</a>	 
	Hermann Jost AG Sonnwiesstr. 2 a 9512 Rosrüti / SG	071 558 20 10 <a href="http://www.hermannjost.ch">www.hermannjost.ch</a> <a href="mailto:info@hermannjost.ch">info@hermannjost.ch</a>	 

Bohrfirmen	Hoppler Tiefbohrungen GmbH Allmendstrasse 1 5621 Zufikon / AG	056 634 40 46 <a href="http://www.hoppler-gmbh.ch">www.hoppler-gmbh.ch</a> <a href="mailto:info@hoppler-gmbh.ch">info@hoppler-gmbh.ch</a>	 
	Johann Bohrtech AG Untere Weidstrasse 5 6343 Rotkreuz / LU	041 630 48 60 <a href="http://www.johannag.ch">www.johannag.ch</a> <a href="mailto:info@johannag.ch">info@johannag.ch</a>	 
	LSS Bohr AG Postfach 245 6022 Grosswangen / LU	041 980 42 64 <a href="http://www.lssbohrag.ch">www.lssbohrag.ch</a> <a href="mailto:lssbohrag@bluewin.ch">lssbohrag@bluewin.ch</a>	 
	Luzi Bohr-Drilling AG Industriezone 7408 Cazis / GR	081 650 02 66 <a href="http://www.luzi-bohr.ch">www.luzi-bohr.ch</a> <a href="mailto:info@luzi-bohr.ch">info@luzi-bohr.ch</a>	 
	Luzi Bohr-Drilling AG Via Boscaoni 1 6987 Caslano / TI	079 308 39 34 <a href="http://www.luzi-bohr.ch">www.luzi-bohr.ch</a> <a href="mailto:m.fre@luzi-bohr.ch">m.fre@luzi-bohr.ch</a>	 
	Marfondo AG Gotthardstr. 176 6472 Erstfeld / UR	079 302 72 58 <a href="http://www.marfondo.ch">www.marfondo.ch</a> <a href="mailto:info@marfondo.ch">info@marfondo.ch</a>	 
	Martin SA Route de Cossenay 10 1040 Echallens / VD	021 886 12 70 <a href="http://www.martin-co.ch">www.martin-co.ch</a> <a href="mailto:info@martin-co.ch">info@martin-co.ch</a>	 
	Mathieu Bohrunternehmung AG Plaz 10 7556 Ramosch / GR	081 866 35 40 <a href="http://www.mathieuboehr.ch">www.mathieuboehr.ch</a> <a href="mailto:mathieu.bohrunternehmung@bluewin.ch">mathieu.bohrunternehmung@bluewin.ch</a>	 
	Moix & Zorzi SA Route de Riddes 101 1951 Sion / VS	027 203 30 33 <a href="http://www.moixetzorzi.ch">www.moixetzorzi.ch</a> <a href="mailto:info@moixetzorzi.ch">info@moixetzorzi.ch</a>	 
	Nicol. Hartmann + Cie. AG Via Surpunt 56 7500 St. Moritz / GR	081 837 06 31 <a href="http://www.hartmann-bau.ch">www.hartmann-bau.ch</a> <a href="mailto:r.miozzari@hartmann-bau.ch">r.miozzari@hartmann-bau.ch</a>	 
	NORLINE AG Marktgasse 3 8212 Neuhausen a.R. / SH	043 321 23 66 <a href="http://www.norline.ch">www.norline.ch</a> <a href="mailto:info@norline.ch">info@norline.ch</a>	 
	Orllati SA Route de Bettens 13 1024 Biolley-Orjulaz / VD	0848 767 767 <a href="http://www.orllati.ch">www.orllati.ch</a> <a href="mailto:info@orllati.ch">info@orllati.ch</a>	 
	PAC Géothermie SA Route de Champs-Colin 8 1260 Nyon / VD	022 361 53 22 <a href="http://www.vionnetsa.com">www.vionnetsa.com</a> <a href="mailto:info@vionnetsa.com">info@vionnetsa.com</a>	
	PBS Bohr AG Moospark 6221 Rickenbach / LU	041 930 36 37 <a href="http://www.pbs-bohr.ch">www.pbs-bohr.ch</a> <a href="mailto:info@pbs-bohr.ch">info@pbs-bohr.ch</a>	 
	Tecfor SA En Bovery 52 1868 Collombey / VS	024 472 33 11 <a href="http://www.tecfor.ch">www.tecfor.ch</a> <a href="mailto:info@tecfor.ch">info@tecfor.ch</a>	 

Bohrfirmen

Terra-Bohr-Tech AG  
Spissstrasse 99 / Postfach 126  
3920 Zermatt / VS

027 966 28 28  
[www.schallergroup.ch](http://www.schallergroup.ch)  
[info@schallergroup.ch](mailto:info@schallergroup.ch)



Terracalor AG  
Junkermattstrasse 10  
4132 Muttenz / BL

061 461 85 85  
[www.terracalor.ch](http://www.terracalor.ch)  
[info@terracalor.ch](mailto:info@terracalor.ch)



Terracalor AG  
Mettlen 1  
6365 Kehrsiten / NW

041 610 73 73  
[www.terracalor.ch](http://www.terracalor.ch)  
[info@terracalor.ch](mailto:info@terracalor.ch)



VPD Forage Sàrl  
Vers la Chapelle 3  
1627 Vaulruz/ FR

026 913 92 26  
[vpd.forage@gmail.com](mailto:vpd.forage@gmail.com)



## Notizen

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---