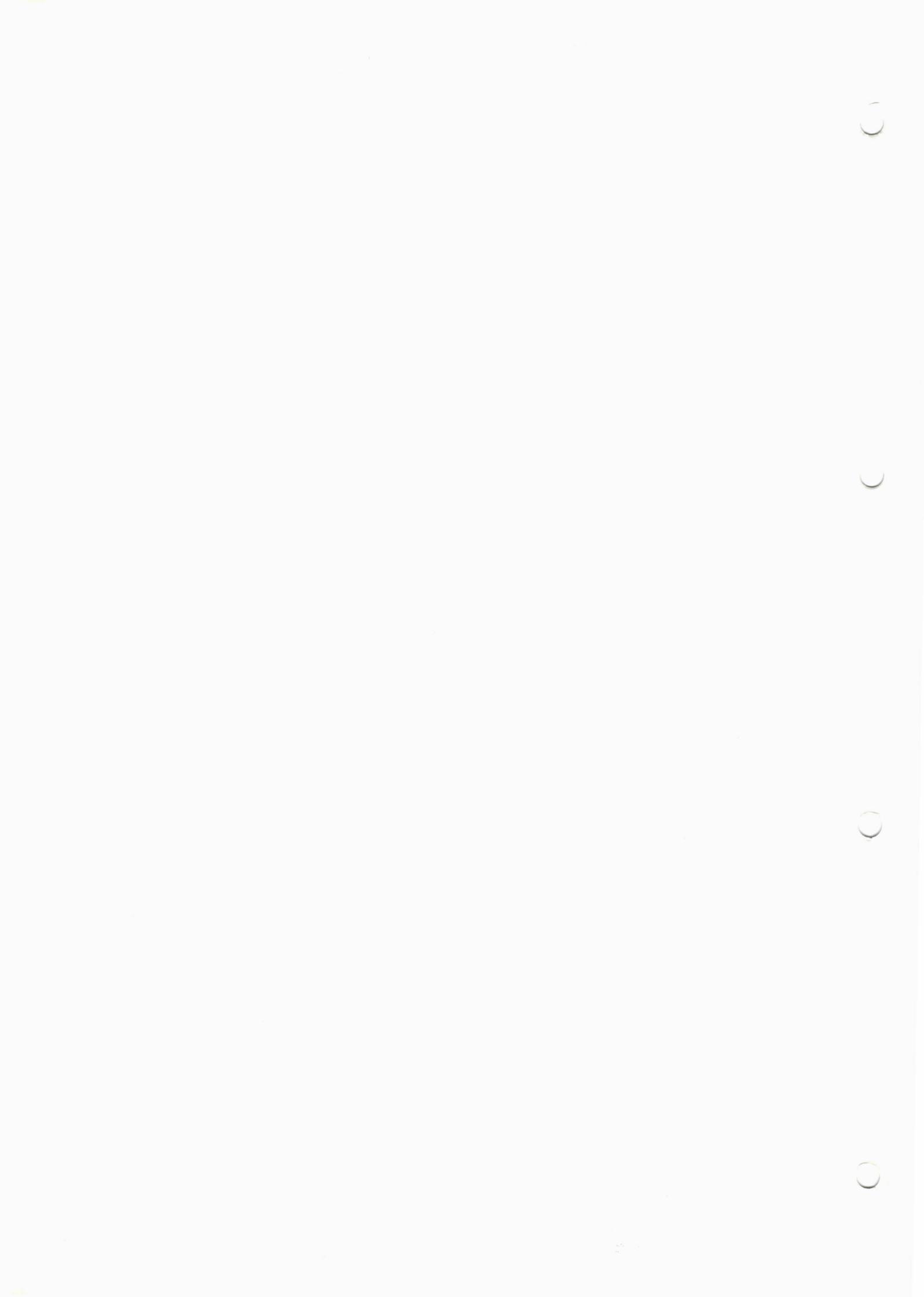


- 1.0.0 Allgemeines**
- 2.0.0 Planung**
- 3.0.0 Dimensionierung**
- 4.0.0 Erstellung der Anlagen**
- 5.0.0 Bedienung**
- 6.0.0 Wartung und Störung**



Verzeichnis zur Lieferung und Montage eines Erdreichwärmetauschers

Für das Bauvorhaben: _____

Bauherr: _____

Technische Vorschriften und Materialbeschreibung

Der Erdwärmetauscher wird aus Kunststoff PE weich oder gleichwertigem nach DIN 8075, Abmessungen nach DIN 8074, Normdruck 10 verlegt. Die gesamte Anlage wird mit einem Äthylen-Glykol-Wasser-Gemisch unter Druck von max. 2,5 bar betrieben und setzt somit eine sorgfältige Verarbeitung voraus.

Alle zur Verbindung des Rohrsystems benötigten Formstücke müssen ebenfalls in ihren Materialwerten der DIN 8075 und in ihrer Maßhaltigkeit der DIN 8074, Normdruck 10 entsprechen. Das gesamte Leitungsnetz muß nach Fertigstellung einer Druckprobe unterzogen werden.

Titel I: Erdreichwärmetauscher in abzutragende Böden einbringen.

Pos. 1	_____ m ² Grundstücksfläche von Mutterboden freimachen und zwischenlagern, die Verlegung der Rohrleitungen im Erdreich, den Boden in einer mittleren Tiefe von ca. 1,60 m streifenweise ausheben und nach Verlegen der Rohrleitungen wieder verfüllen und verdichten.	DM/m ²	_____	_____
Pos. 1a	(alternativ zu 1.) _____ Std. Arbeitszeit für einen Bagger mit einer 2,20 m breiten Grabenschaufel zur Ausführung der Arbeiten von Pos. 1 einschließlich des An- und Abtransportes der Geräte.	DM/h	_____	_____
Pos. 2	_____ lfd. m Wärmetauscherrohr NW _____ für die Verlegung im Erdreich ohne Verbindungsstellen liefern und verlegen. Rohrabstand ca. _____ cm, den Bodenverhältnissen entsprechend.	DM/lfd. m	_____	_____
Pos. 3	_____ lfd. m Zuleitung NW 25 als Verbindung zwischen Wärmepumpe und Verteiler liefern und in frostfreier Tiefe verlegen einschließlich Erdarbeiten.	DM/lfd. m	_____	_____
Pos. 3a	(alternativ zu 3.) _____ lfd. m Zuleitung NW 32, sonst wie 3.	DM/lfd. m	_____	_____
Pos. 3b	(alternativ zu 3.) _____ lfd. m Zuleitung NW 40, sonst wie 3.	DM/lfd. m	_____	_____
Pos. 3c	(alternativ zu 3.) _____ lfd. m Zuleitung NW 50, sonst wie 3.	DM/lfd. m	_____	_____
Pos. 4	_____ Stück Übergangverschraubungen zum Anschluß an Zuleitungen an die Vor-/Rücklaufsammler NW 25/_____ liefern und montieren.	DM/Stück	_____	_____
Pos. 5	_____ Stück Vorlaufverteiler und Rücklaufsammler NW _____ in korrosionsfester Ausführung mit Anschlußverschraubungen für die Erdverlegten Wärmetauscherrohre liefern und montieren.	DM/Stück	_____	_____
Pos. 6	_____ m ² Sandeinbettung der unter Pos. 2 beschriebenen Rohre in einer Mindeststärke von 20 cm (erforderlich bei nicht steinfreiem Boden).	DM DM	_____	E. P. _____
Pos. 7	Abfahren des überschüssigen Bodens auf eine vom Unternehmer zu bestimmende Kippe einschließlich sämtlicher Nebenkosten.	DM DM	_____	E. P. _____
Pos. 8	_____ Liter Zusatzmittel Äthylen-Glykol zum Frostschutz bis -10 °C liefern und zumischen.	DM/Liter	_____	_____

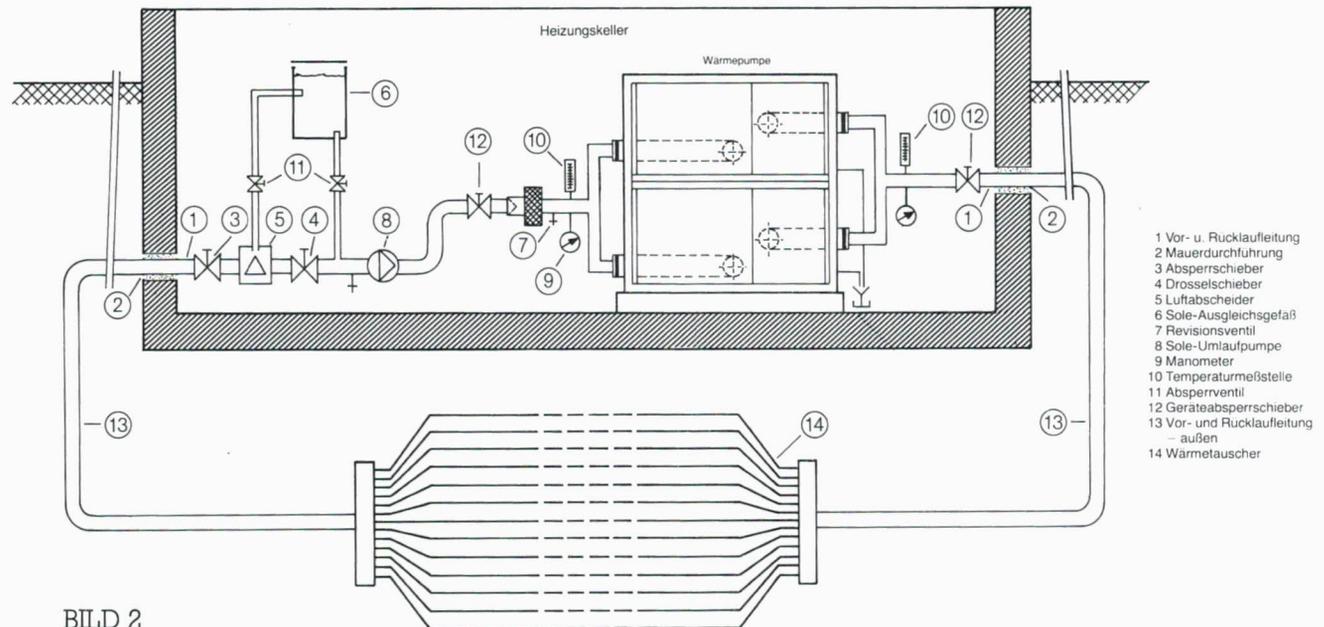
3 1400.40	WÄRMEQUELLE-ERDREICH	Ausgabe	Seite
	4.0.0 Erstellung der Anlagen	5/81	4

Pos. 9	1 Stück Sole-Umlaufpumpe, Motor mit vergossener Wicklung, geeignet für Temperaturen bis -20 °C Fördermenge: _____ m ³ /h Förderhöhe: _____ m/WS Anschluß: _____ kW liefern und montieren.	DM/Stück	_____	_____
Pos. 9a	(alternativ zu 9.) 1 Stück Sole-Umwälzpumpe mit Stopfbuchse und aufgeflanschter Motorlaterne, geeignet für Temperaturen bis -20 °C Fördermenge: _____ m ³ /h Förderhöhe: _____ m/WS Anschluß: _____ kW liefern und montieren.	DM/Stück	_____	_____
Pos. 10	1 Stück autom. Luftabscheider NW _____	DM/Stück	_____	_____
Pos. 11	3 Stück Absperrschieber NW _____	DM/Stück	_____	_____
Pos. 12	1 Stück offenes Ausdehnungsgefäß, ca. 30 l Inhalt, mit Füllstandsanzeige und Verbindungsarmaturen und zwei Gasschlauchhähnen liefern und montieren.	DM/Stück	_____	_____
Pos. 12a	(alternativ zu 12.) 1 Stück geschlossenes Membran-Druckausdehnungsgefäß mit ca. 35 l Inhalt (Vordruck 0,5 bar) und einem automatischen Entlüftungsventil liefern und montieren.	DM/Stück	_____	_____
Pos. 13	_____ m PVC-Rohrleitungen NW _____ einschließlich sämtlicher Formstücke liefern und verlegen.	DM/m	_____	_____
Pos. 14	_____ m ² dampfdiffusionsdichte Isolierung der Soleleitungen und Armaturen mit Blechmantelisolierung oder Gleichwertigem im Gebäude ausführen	DM/m ²	_____	_____
Pos. 15	3 Stück Revisionshähne NW 15	DM/Stück	_____	_____
Pos. 16	1 Stück Drosselschieber NW _____	DM/Stück	_____	_____
Pos. 17	2 Stück gasdichte und wasserdichte Mauerdurchführungen, wärmege-dämmt.	DM/Stück	_____	_____
Gesamtpreis ohne MwSt.			_____	_____

Die Preise verstehen sich zuzüglich der gesetzlich gültigen MwSt.
In den Preisen sind die Druckprobe mit Prüfprotokoll, das Durchspülen der Rohrregister und das Herstellen der Bestandspläne enthalten.
Grundlage der Ausschreibung ist die VOB.

4.1 Ausführungen

Den Aufbau einer Wärmepumpenanlage für die Wärmequelle Erdreich zeigt Bild 2.



Bitte stellen Sie jedenfalls sicher:

Erdreich-Wärmetauscher werden mit Drücken bis ca. 2,5 bar betrieben.

Sämtliche im Erdreich verlegten Rohre, Formstücke u. dgl. sollten der DIN 8075, Abmessungen nach DIN 8074, Normdruck 10 entsprechen.

Die verlegten Wärmetauscherstränge sollten vor und nach dem Verfüllen mit 10 bar abgedrückt werden.

Das Austauschen eines Stranges nach Abschluß der Verlegearbeiten ist sehr teuer.

Ein Wärmetauscherstrang kann auch, z. B. durch nachträgliche Bauarbeiten, undicht werden.

Verteiler und Sammler sollten auch für spätere Revisionen zugänglich angeordnet werden; ein undicht gewordener Strang ist dann einfach zu lokalisieren und blindzustellen.

Vorlauf- und Rücklaufleitung vom Sammler bzw. Verteiler zur Wärmepumpe sollten außerhalb des Gebäudes ebenfalls in PE und innerhalb des Gebäudes auch in PVC ausgeführt werden, jedoch mit entsprechend größerem Durchmesser als die Tauscherstränge.

Vorlauf- und Rücklaufleitung führen gegenüber Kellertemperaturen kalte Sole.

Die Durchführungen durch die Kellerwand müssen gegen das Mauerwerk, die **Rohrleitungen und Bauteile innerhalb des Gebäudes dampfdiffusionsdicht isoliert werden.**

Beim Füllen der Anlage muß entlüftet werden; **ebenso diffundiert Sauerstoff durch nahezu alle Kunststoffe.**

Es muß ein Luftabscheider eingesetzt werden, welcher sowohl den Füllvorgang erleichtert als auch im Betrieb in die Anlage eindiffundierten Sauerstoff entlüftet. Eine Füllstandsanzeige dient auch zur Feststellung eventueller Leckagen im System.

Die Anlagen werden in einem Temperaturbereich zwischen +20 und -10 °C betrieben.

Die Volumensänderung der Sole mit der Temperatur **erfordert ein Ausgleichsgefäß.**

4.2 Kosten

Ausschreibungen haben ergeben, daß die angebotenen Preise sehr weit streuen können. Dies liegt in der Tatsache begründet, daß sich bisher nur wenige Fachfirmen auf die Erstellung kompletter Anlagen eingerichtet haben.

Es wurde daher versucht, die Preise der häufigsten Anbieter zugrunde zu legen und eine Abhängigkeit der spezifischen Kosten für

- Erdarbeiten und Wärmetauscher sowie für
 - Erdarbeiten, Wärmetauscher und Anschluß an die Wärmepumpe
- in Abhängigkeit von der Größe des Wärmetauschers darzustellen (Diagramm 6).

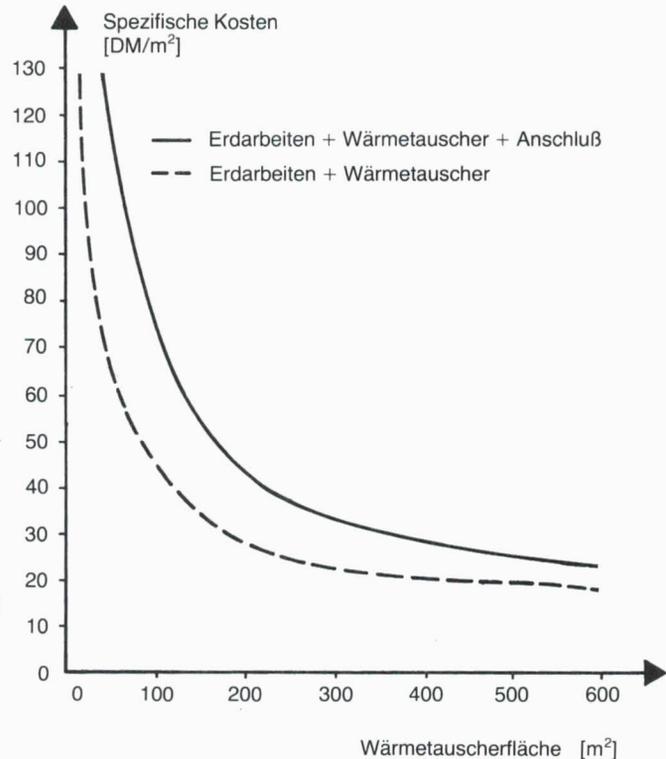


DIAGRAMM 6: Spezifische Kosten für die Verlegung eines Erdreichwärmetauschers mit Anschluß an eine Erdreich-/Wasser-Wärmepumpe · Preisstand 1979.

4.3 Erlaubnis Antrag

Erstellung und Betrieb eines Erdreich-Wärmetauschers sind erlaubnisfrei, sofern nicht Grundwasserschichten beeinflusst werden.

4.4 Ausschreibung

Eine Preisfrage könnte etwa dem Text der Tabelle 3 (s. S. 3) entsprechen.

Die einwandfreie Funktion der Gesamtanlage einschließlich der Wärmepumpe auch über einen langen Zeitraum erfordert eine Abstimmung aller Anlagenteile und Arbeiten.

Es ist daher empfehlenswert daß für die Gesamtverantwortung ein Unternehmer, der über entsprechende Erfahrungen verfügt und für die Erstellung und die Funktion der Gesamtanlage zeichnet, den Auftrag durchführt.

Diagramm 4 zeigt, vergleichbar mit Diagramm 1, für ein lagemäßig identisches Versuchsfeld den Temperaturverlauf mit Wärmeentzug über einen Wärmetauscher in 1 m Tiefe.

Für die Meßreihe wurde die Wärmepumpe zeitweise intermittierend, zeitweise bei niedrigen Wärmeentzugsdichten kontinuierlich betrieben. Der Temperaturverlauf im Erdreich ist beispielhaft und läßt daher nur qualitative Schlüsse zu.

- An der Oberfläche liegt die Erdreichtemperatur mit Wärmeentzug nur in den Monaten Dezember bis März etwas niedriger als bei den Vergleichsflächen ohne Wärmeentzug; ein Übergang von Wärmeabgabe zu Wärmeaufnahme durch diesen Effekt wird daher nicht zu erwarten sein.
- In der Wärmetauscherebene tritt in diesem Fall ein Temperaturunterschied von 7 K auf, der sich jedoch bereits im April durch die steigende Wärmezufuhr über die Erdoberfläche wieder verringert.

Das Temperaturniveau dieser Veränderungen kann in kalten Wintern und bereits von der Oberfläche her gefrorenem Boden bedeutend niedriger liegen.

Mit von entscheidendem Einfluß auf das Verhalten von Erdreich-Wärmetauschern ist jedoch die Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches, die wiederum vom Wassergehalt abhängig ist. Tabelle 2 enthält das potentielle Wasserspeichervermögen verschiedener Erdreiche, Diagramm 5 die Wärmeleitfähigkeit von Erdreich in Abhängigkeit vom Wassergehalt.

	Sand	Schluff	Ton
Potentielle Wasserspeichervermögen in Vol.-%	12-20	25-31	49-57

TABELLE 2

Sandboden besitzt eine deutlich bessere Wärmeleitfähigkeit als Lehmboden, die überragende Rolle des Wassergehaltes auf jede Art von Erdreich wird jedoch auch hier sichtbar.

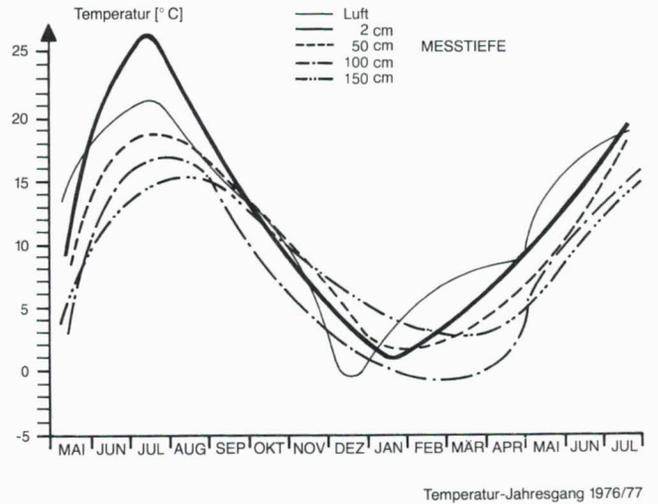


DIAGRAMM 4: Bodentemperaturen im Erdreich mit Wärmeentzug in 1 m Tiefe.

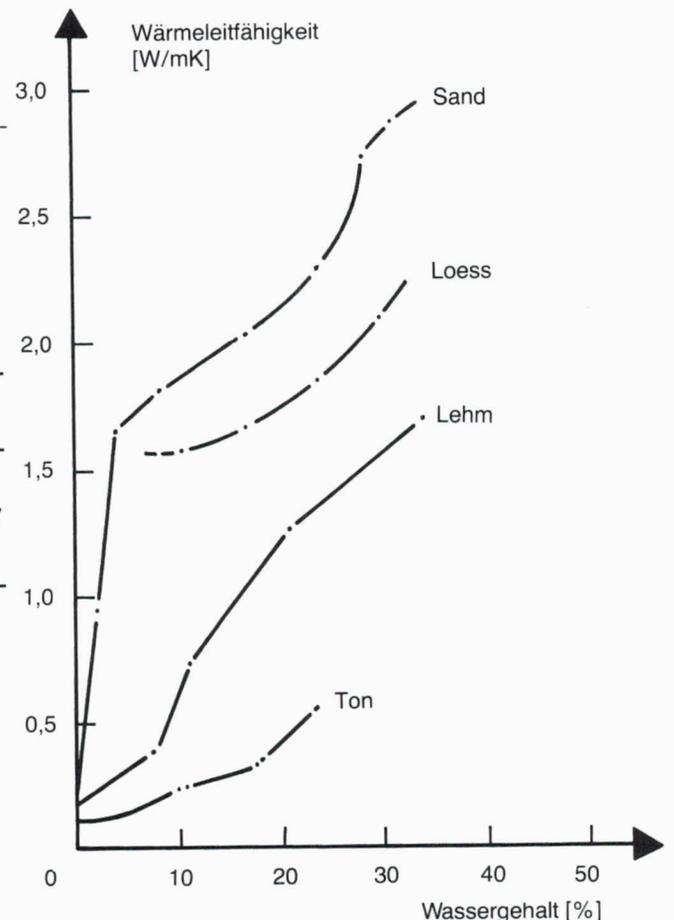


DIAGRAMM 5: Wärmeleitfähigkeit von Erdreich.

Abhängig von den jeweiligen Verhältnissen zwischen –

- Wärmeaufnahme oder Wärmeabgabe über die Erdoberfläche,
- der Temperatur, Wärmespeicherfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches

einerseits und

- der Wärmezugsdichte sowie deren zeitlichem Verlauf

andererseits

ergeben sich im Bereich der Wärmetauscher verschiedene Phasen:

- Nach Anlauf der Wärmepumpe fällt die Temperatur an der Rohrwandung sehr rasch um etwa 5 K ab. Liegt die dabei erreichte Temperatur noch über 0 °C, führt dies zunächst über Diffusion zu einem höheren Wassergehalt des die Tauscherrohre unmittelbar umgebenden Erdreiches. Die Wärmeleitfähigkeit steigt und kann Werte um 3 W/m K erreichen; dadurch wird die Wärmezufuhr verbessert.

Fällt gegen die kältere Jahreszeit zu über Wärmeabgabe an die Umwelt und die Wärmeentnahme die Erdreichtemperatur und steigt durch die bedarfsbedingt längeren Einzeiten der Wärmepumpe die Temperaturdifferenz zwischen Erdreich und Rohrwandung, beginnt die Zone um die Wärmetauscherrohre zu vereisen, schmilzt jedoch in den Stillstandszeiten der Wärmepumpe über Wärmezufuhr aus dem Erdreich wieder ab. In dieser Phase bildet die Zone um die Rohre einen „Kurzzeit-Latentspeicher“ begrenzter Größe.

- Bei weiter sinkenden Erdreichtemperaturen und weiter steigender Wärmeentnahme kann die Ebene des Wärmetauschers ebenso voll ausfrieren, wie das darunter und darüber liegende Volumen. In dieser Phase wird vor allem der Dauerlauf einer Wärmepumpe problematisch, da, ähnlich wie beim Abschmelzen einer vereisten Zone in den Sommermonaten über Wärmezufuhr von der Oberfläche, die Entfernungen zu „gewinnbarer Wärme“ aus der Zustandsänderung von Wasser zu Eis immer größer werden.

3.00 Dimensionierung

Es ist zu erwarten, daß weitere Erkenntnisse die Nutzung der von einer Vielzahl von Faktoren abhängigen Wärmequelle Erdreich verbessern werden.

Nach heutigem Wissensstand kann jedoch für die Dimensionierung der Wärmetauscher von gut abgesicherten Richtwerten ausgegangen werden.

Zugrunde gelegt werden:

- **Gut isolierte Gebäude mit einem Wärmebedarf von unter 100 W/m² Wohnfläche**, ferner
- Registerverlegung der Wärmetauscher und
- etwa 20 mm ϕ der Wärmetauscherrohre.

Es sollte betragen:

- Der seitliche Verlegeabstand der Rohrstränge
 - bei Sandböden 35 cm,
 - bei Lehm Böden 60 cm.
- Die Verlegetiefe
 - bei Böden mit hoher Feuchtigkeit 1,4 m,
 - bei trockenen Böden 1,8 m.

Allgemein gilt ferner:

Für die Wärmeentnahme aus dem Erdreich ist die Wärmezugsdichte entscheidend, d. h. die dem Wärmebedarf entsprechende Tauscherfläche. Diese Dimensionierungs-Richtwerte gelten für eine voll wiederhergestellte Erdreich-Struktur. Im ersten Jahr nach der Erstellung der Erdreich-Wärmetauscher können daher erhebliche Minderleistungen auftreten.

Nach heutigen Veröffentlichungen sollten folgende Entzugsleistungen nicht überschritten werden:

Trockener sandiger Boden	20 W/m ²
Feuchter sandiger Boden	25 W/m ²
Trockener lehmiger Boden	30 W/m ²
Feuchter lehmiger Boden	35 W/m ²
„Grundwasserführend“	40 W/m ²

Das Verhältnis Länge zu Breite ist von geringerer Bedeutung und wird nach lokalen Gegebenheiten festzulegen sein, besitzt jedoch einen Einfluß auf die erforderliche Pumpenleistung; im allgemeinen kann von Stranglängen zwischen 25 und 100 m ausgegangen werden.

Die Wärmepumpe sollte auch in der kalten Jahreszeit im Taktbetrieb laufen, so lange als möglich über die Wärmezufuhr in der Stillstandszeit die Vereisung um die Wärmetauscher wieder abzubauen **und daher dimensioniert werden als nach der exakten Wärmebedarfsrechnung**. In Klimazonen, in denen der Boden auch in normalen Wintern von der Oberfläche her bis in tiefere Zonen durchfriert, sollte **ein zweiter Wärmeerzeuger vorgesehen werden**, sofern nicht bereits andere Anlagen in der Nähe und unter gleichen Voraussetzungen, insbesondere der Erdreichsbeschaffenheit, die Wärmebedarfsdeckung über die gesamte Heizperiode sichergestellt haben.

2.2 Erforderliche Qualität des Wärmeträgers

Als Wärmeträger wird Wasser mit Zusatz von Frostschutzmittel verwendet und üblicherweise für eine Grenztemperatur von -10 °C ausgelegt. Zusatzstoffe und Mischungsverhältnisse sowie die wichtigsten physikalischen Daten dieser Gemische sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Zu beachten ist, daß die spezifische Wärme der Gemische im allgemeinen mit steigenden Zusätzen sinkt. Die Viskosität steigt sowohl mit dem Anteil der Zusatzstoffe als auch mit fallenden Soletemperaturen; dies ist bei der Berechnung der erforderlichen Pumpenleistung zu berücksichtigen.

(nach Herstellerangaben)

SOLEGRENZTEMPERATUR -10 °C

Zusatzstoff	Soletemperatur 0 °C			Soletemperatur -10 °C	
	Zusatz Vol.-%	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K
Antifrogen N	20	2	1,07	5	1,06
Antifrogen L Lebensmittelber.	25	6	1,09	10	1,08
Chlorcalciumlauge Ca Cl ₂	12,7	1,81	1,17	4,14	-
TKL Äthylen-Glycol + Propandiol	20	8	-	14,6	-
Fricofin Äthylen-Glycol	20	3,6	1,01	ca. 5	0,94
PKL 100 (Gemisch von Glycolen)	40	8	1,00	13,7	0,99

SOLEGRENZTEMPERATUR -20 °C

	Soletemperatur 0 °C			Soletemperatur -20 °C	
	Zusatz Vol.-%	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K	Viskosität mm ² /s	Spez. Wärme Wh/kg K
Antifrogen N	34	3	0,98	11	0,99
Antifrogen L Lebensmittelber.	38	12	1,02	45	1,01
Chlorcalciumlauge Ca Cl ₂	21	-	1,17	8,78	-
TKL Äthylen-Glycol + Propandiol	34	-	-	-	-
Fricofin Äthylen-Glycol	33	5	0,95	ca. 9,3	0,92
PKL 100 (Gemisch von Glykolen)	40	8	1,00	26	0,98

TABELLE 1: Physikalische Daten von Solegemischen

2.3 Potential und Wärmeinhalt

Für eine Beurteilung, welche Wärmemengen aus dem Erdreich entnommen werden können, ist es zunächst wichtig, den Temperatur-Jahresgang im Erdreich zu kennen.

In Diagramm 1 sind für die Klimazone I aus dem sehr milden Winter 1976/77 Monatsmittel der Luft- und Erdreichtemperaturen in verschiedenen Tiefen dargestellt.

Es zeigt sich:

- daß die niedrigsten Temperaturen in Erdreichtiefen von 1,5 bis 2 m gegen die niedrigsten Lufttemperaturen zeitlich verschoben sind und
 - die Temperaturschwankungen im Erdreich eine geringere Schwankungsbreite besitzen als die Schwankungen der Lufttemperaturen, ferner jedoch als wesentliche Erkenntnis:
 - daß im Zeitraum Februar/März bis August/September vom Erdreich Wärme aufgenommen wird (steigende Erdreichtemperatur),
 - in den übrigen Monaten jedoch Wärme abgegeben wird (fallende Erdreichtemperatur).
- (Die unmittelbare Oberflächentemperatur ist hier nicht zu berücksichtigen.)

In der Hauptheizperiode, die etwa in die Zeit der Wärmeabgabe des Erdreiches fällt, kann der Wärmebedarf somit nur der im Erdreich gespeicherten Wärme entnommen werden.

Diagramm 2 zeigt die Wärmekapazität von Erdreich in Abhängigkeit vom Wassergehalt; es ist ersichtlich, daß ein deutlicher Anteil gewinnbarer Wärme im Wassergehalt des Erdreiches liegt.

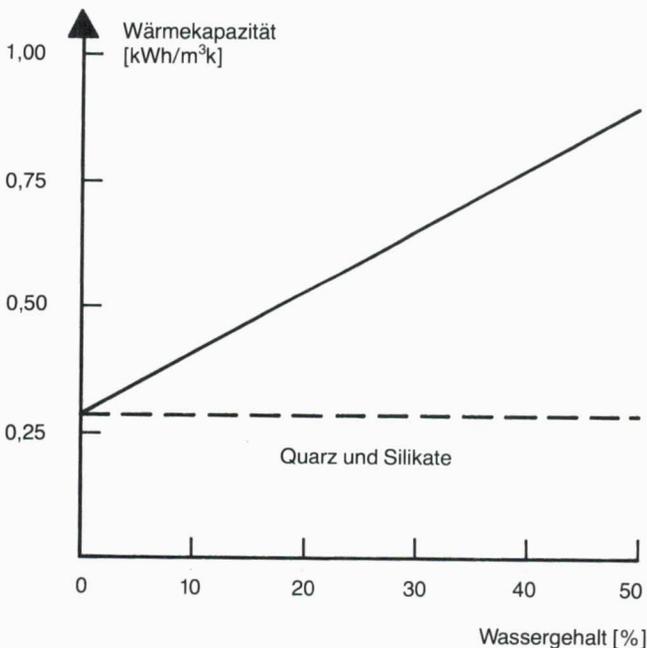


DIAGRAMM 2: Wärmekapazität eines Bodens in Abhängigkeit vom Wassergehalt.

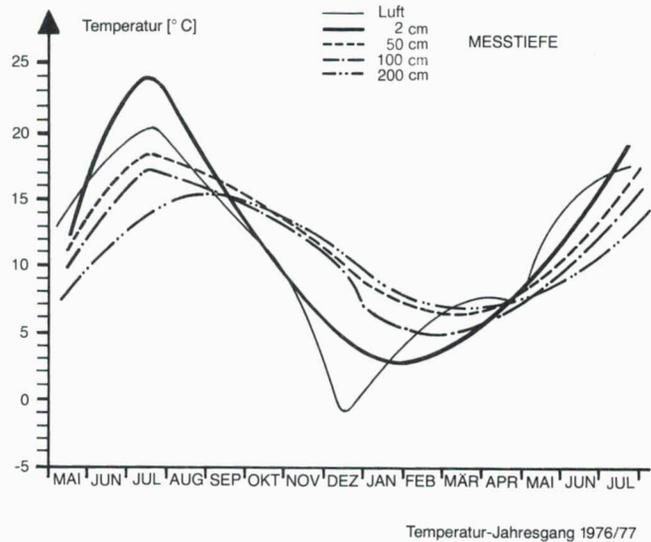


DIAGRAMM 1: Bodentemperaturen im Erdreich ohne Wärmeentzug.

Diagramm 3 zeigt die Wärmemenge, die aus Erdreich mit einer Temperatur von +10 °C und einem Wassergehalt von 15 % zu gewinnen ist.

- Bis zu 0 °C (ohne Vereisung) sind dies etwa 6 kWh/m³,
- bei 0 °C (mit Vereisung) 19 kWh/m³ – diese Wärmemenge ist jedoch nur durch Ausfrieren zu gewinnen.
- Wird noch weiter bis auf -5 °C abgekühlt, steigt die zu gewinnende Wärmemenge nurmehr geringfügig auf ca. 21 kWh/m³ an.

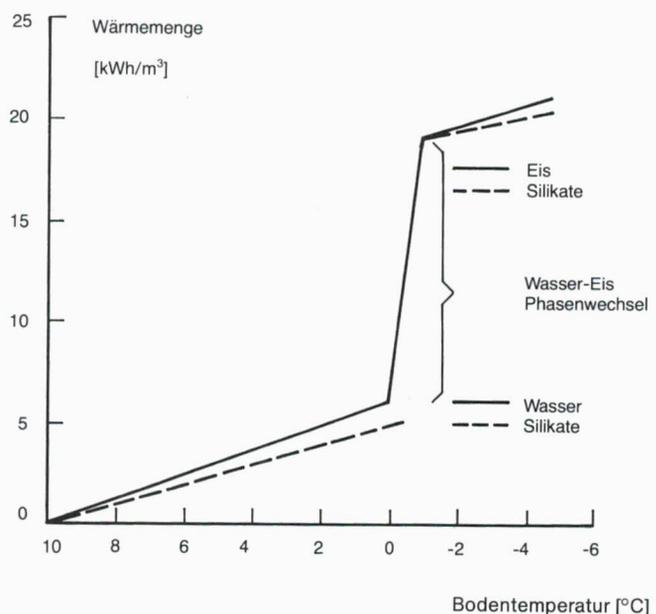


DIAGRAMM 3: Aus einem Boden mit 15% Wassergehalt durch Abkühlung gewinnbare Wärmemenge.

1.1 Prinzip

Erdreich ist die Zone verwitterten Gesteins an der Erdoberfläche; sie erreicht Tiefen von 4–5 m.

Die Erdoberfläche **nimmt einerseits Wärme aus der Umgebung auf:**

- durch Sonneneinstrahlung,
- durch Konvektion, wenn die Lufttemperatur höher liegt als die Erdreichtemperatur,
- über Regenwasser und
- über die Kondensation von Luftfeuchtigkeit.
- Der Wärmeanteil aus dem Erdinneren ist vernachlässigbar gering.

Die Erdoberfläche **gibt aber auch Wärme an die Umgebung ab:**

- durch langwellige Wärmestrahlung,
- durch Konvektion, wenn die Lufttemperatur niedriger liegt als die Erdreichtemperatur, und
- durch Verdunstung von Erdfeuchtigkeit in die Luft.

Der Wärmetransport im Erdreich erfolgt:

- hauptsächlich über Wärmeleitung,
- über das Eindringen von Regenwasser und
- über die Diffusion von Feuchtigkeit.

Entsprechend den jeweiligen

- Luft- und Erdreichtemperaturen,
 - der Luft- und Erdreichfeuchtigkeit sowie
 - den sonstigen genannten Einflüssen
- stellt sich eine positive oder negative Strahlungs- und Wärmebilanz ein.

Bei positiver Bilanz steigt die Temperatur an der Oberfläche des Erdreiches, ebenso wird gleichzeitig Wärme durch Leitung in kältere, tiefere Schichten übertragen, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht, d. h. die Wärmebilanz zwischen Aufnahme und Abgabe wieder ausgeglichen ist. Umgekehrt fällt die Erdreichtemperatur bei negativer Bilanz.

Der Wärmetransport im Erdreich verläuft bedeutend langsamer als die Änderung der Wärmeübergänge an der Oberfläche; Erdreich kann damit als natürlicher Wärmespeicher betrachtet werden.

Die Nutzung dieses Speichers als Wärmequelle erfolgt über in Tiefen von 1,4 bis 1,8 m verlegte, soledurchflossene Kunststoffrohre als Wärmetauscher. Die Erdreichwärme wird über Soleumlauf auf die Wärmepumpe übertragen. Dafür sind, abhängig von

- Klimazone,
- Lage des Grundstückes,
- Erdreichbeschaffenheit und
- Wärmebedarf,

Grundstücksflächen erforderlich, die das 2- bis 4fache der zu beheizenden Wohnfläche betragen.

Erdreich wird als Wärmequelle seit etwa 10 Jahren genutzt; die Technik kann als sicher, jedoch noch weiter entwicklungsfähig angesehen werden.

1.2 Verfügbarkeit

Ausreichende Freiflächen, die sich für die Verlegung des Wärmetauschers eignen, sind in der Regel nur bei Ein- und Zweifamilienhäusern mit entsprechend großen Gärten anzutreffen.

Für die Verlegung muß im allgemeinen das gesamte Erdreich abgetragen werden. Dies ist bei Neubauten unproblematisch; es stehen Baumaschinen zur Verfügung, die Gärten sind auch noch nicht angelegt.

Ein nachträglicher Einbau erfordert meist einen erheblichen Aufwand für die Wiederherstellung der Gartenanlage.

1.3 Auswirkungen auf die Umgebung

Der Hauptanteil nutzbarer Wärmespeicherung liegt im Wechsel der Phase des im Erdreich enthaltenen Wasseranteiles, d. h., **mit einer Vereisung des Erdreiches mindestens im Bereich des Wärmetauschers ist** vor allem in Wintermonaten, in denen die Wärmebilanz mit der Umgebung negativ ist, dem Erdreich also keine Wärme zugeführt wird, **zu rechnen.**

Die Temperaturabsenkung durch die Wärmeentnahme kann sich im Wärmetauscherbereich sowohl vertikal bis an die Oberfläche des Erdreiches auswirken, als auch horizontal bis zu etwa 5 m Seitenabstand.

Bei Wechsel zu einer positiven Wärmebilanz, d. h., wenn im Frühjahr dem Erdreich wieder Wärme zugeführt wird, gleichen sich die oberflächennahen Schichten verhältnismäßig rasch wieder an die Temperaturen außerhalb der Wärmetauscherfläche an.

In tieferen Schichten, vorzugsweise unterhalb der Ebene des Wärmetauschers kann das Erdreich nach einer Heizperiode eines kalten Winters längere Zeit voll durchgefroren bleiben. An der langsam nach unten wandernden Schmelzzone beträgt die Temperatur stets 0 °C; es sind jedoch von der Oberfläche her, über immer länger werdende Strecken, erhebliche Wärmemengen aufzubringen, um das Eis wieder in den flüssigen Zustand überzuführen. Es erfordert längere Zeit, bis auch in größeren Tiefen die gleichen Temperaturverhältnisse erreicht werden, wie im Erdreich ohne Wärmeentnahme. Bei richtiger, entsprechend dem Kapitel „Dimensionierung“ ausgelegter Gesamtanlage sollte mindestens der Abschmelzprozeß, beginnend mit April, bis etwa Juli/August beendet sein; er kann durch Einbringen von Überschußwärme in den Wärmetauscher, z. B. im Sommer aus einem Energiedach, beschleunigt werden.

Bei richtiger Auslegung der Anlagen konnten trotz dieser Zusammenhänge bisher Vegetations-

unterschiede zwischen Flächen mit und ohne Wärmeentzug ebensowenig festgestellt werden wie sonstige negative Auswirkungen auf die Umwelt.

1.4 Rechtliche Bestimmungen

Die Entnahme von Wärme aus dem Erdreich im Bereich eigener Grundstücke ist erlaubnisfrei, da in der Regel keine Beeinträchtigung des Grundwassers erfolgt.

Im Bereich des Wärmetauschers wird das Erdreich auch bis in tiefere Schichten abgekühlt; dies kann bei hohen Grundwasserständen auch zu einer Abkühlung des Grundwassers führen – und wäre damit erlaubnispflichtig.

(Siehe auch Wärmequelle-Grundwasser; Rechtliche Bestimmungen)

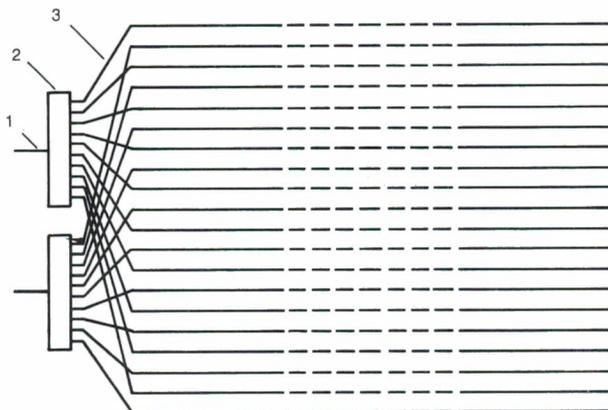
2.00 Planung

2.1 Technik der Erschließung

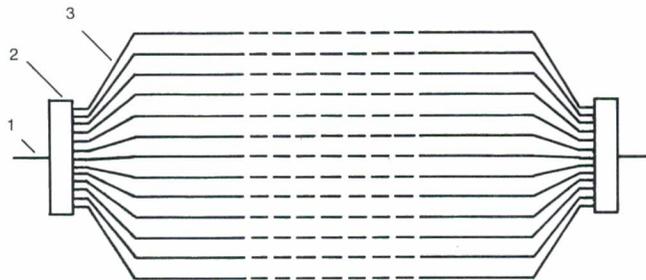
Die dem Erdreich zufließende und im Erdreich gespeicherte Wärme wird über die Wärmetauscherrohre entnommen. Zur Verlegung der Rohrstränge sind bisher zwei Verlegungsarten bekannt.

Ursprünglich wurde „bifilar“ verlegt, es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Verlegungsart größere Rohrlängen erfordert als die Verlegung in Registern. Bei der bifilaren Verlegung geht ein Teil der bereits aufgenommenen Wärme durch den thermischen Kurzschluß der nebeneinander verlegten Vor- und Rücklaufstrecken eines Stranges wieder verloren; **es sollte daher möglichst nach der Registerbauart, die dies vermeidet, verlegt werden.** Beide Verlegungsarten zeigt Bild 1.

Bifilare Verlegung



Registerverlegung



- 1 Vor- bzw. Rücklaufleitung
- 2 Vorlaufverteiler bzw. Rücklaufsammler
- 3 Wärmetauscherrohre

BILD 1: Verlegungsarten

Das Erdreich muß sich zur Verlegung eignen; felsiger Boden eignet sich zum Aushub selbstverständlich nicht. Bei steinigen Böden werden die Rohre besser im Sandbett verlegt, um Beschädigungen oder Anquetschungen zu vermeiden. Der Verlegeabstand der Wärmetauscherrohre liegt zwischen 35 und 60 cm; das Erdreich muß abschnittsweise abgetragen und jeweils nach Verlegung eines Wärmetauscherteiles wieder verfüllt werden.

Die einzelnen Stränge des Wärmetauschers mit einem Durchmesser von etwa 20 mm müssen im Erdreich aus einem Stück in max. Längen von 100 m ohne Verbindung verlegt werden. Als Material kommt PE weich in Betracht, das auf Grund seiner chemischen Beständigkeit und bleibenden Elastizität auch bei tiefen Temperaturen am besten geeignet erscheint, Verteiler und Sammler sollten zur Revision zugänglich angeordnet werden. Es ist zu gewährleisten, daß die Dichtheit der Übergänge über die Lebensdauer erhalten bleibt. (z.B. Cu hartlöten, Cr Ni schweißen).

5. Bedienung

5.1 Vor Inbetriebnahme

Zur Inbetriebnahme des Wärmetauschers wird der Drosselschieber geschlossen; die Pumpe fördert zunächst den Solevorrat aus dem (offenen) Ausdehnungsgefäß, der während des Füllvorganges laufend zu ergänzen ist, bis keine Luft mehr austritt. Bei geschlossenen Anlagen muß über Füllarmatur und externen Solebehälter abgesaugt werden, bis der automatische Entlüfter nicht mehr anspricht.

5.2 Inbetriebnahme

Der Drosselschieber wird jetzt langsam geöffnet – die Wärmepumpe kann in Betrieb genommen werden. Die Anlage arbeitet bedienungs- und wartungsfrei, sollte jedoch von Zeit zu Zeit überwacht werden.

6. Wartung und Störung

Überwacht werden sollten:

Der Niveaustand im Ausdehnungsgefäß.

Feststellbar sind Soleverluste.

Der Druck vor der Wärmepumpe.

Druckabfall kann ebenfalls auf Leckagen hinweisen, aber auch auf eine verringerte Pumpenleistung.

Die Temperaturen vor und nach der Wärmepumpe bei Wärmepumpenbetrieb.

Vor allem während der ersten Heizperiode, aber auch in extremen Wintern lassen die Temperaturen vor der Wärmepumpe unter Beachtung der Aussagen in Kapitel 2.3 Rückschlüsse auf das Verhalten des Wärmetauschers zu. Steigende Temperaturdifferenz weist im allgemeinen auf zu geringen Soleumlauf hin.

Richtig dimensionierte und verlegte Wärmetauscher dürfen keinerlei Störungen zeigen. Die Zeitstandfestigkeit der vorgeschlagenen Materialien ist unter normalen Betriebsverhältnissen voll ausreichend.

Quellennachweis:

Elektro-Wärmepumpen mit Wärmeträger Erdreich
elektrowärme international
O. Specht

Erdreich als Wärmequelle
Elektrowärme im technischen Ausbau.
J. Neiss und E. R. F. Winter

Untersuchungen zur Entwärmung des Bodens durch
Erdreich-Wasser-Wärmepumpen.
Bericht
R. Genkinger

Betriebserfahrungen mit einer monovalenten
Erdreichwärmepumpe
Sanitär- und Heizungstechnik
D. Ruhm

Erdreichtemperaturen bei Wärmeentzug mittels
Wärmepumpen.
Heizung-Lüftung-Haustechnik
L. Rouvel

Wohnhausheizung mit Wärmepumpen
und Erdreich als Wärmequelle
T.A.B.
H. Eickenhorst

