

T2
Wärmepumpenheizungsanlage mit horizontalen Erdkollektoren, Erdwärmekörpern und Kompaktkollektoren

Inhalt

1. Einführung
2. Querhinweis auf Normen und andere Schriftstücke
3. Erdkollektor, Erdwärmekorb, Kompaktkollektor
 - 3.1. Bauart
 - 3.2. Werkstoff
 - 3.3. Verlegefläche und Montage
 - 3.4. Verlegetiefe und Abstände
 - 3.5. Sammler und Verteiler
4. Wärmeträgermedium
 - 4.1. Wahl des Wärmeträgermediums
 - 4.2. Konzentration und Stoffwerte
 - 4.3. Strömungsgeschwindigkeiten
 - 4.4. Überwachung
5. Entzugsleistung
 - 5.1. Maximale Entzugsleistung
 - 5.2. Auslegungsbeispiel
 - 5.3. Bodentemperatur mit Erdwärmekörpern
6. Auswahl bzw. Dimensionierung der Anlageteile
 - 6.1. Bestimmung der Wärmepumpen-Heizleistung
 - 6.2. Maximale Betriebsdauer der Erdkollektoranlage usw.
 - 6.3. Wärmequellenförderpumpe
7. Verlegevorschriften
 - 7.1. Vorbereitung für den Installateur
 - 7.2. Vorbereitung durch den Bauherren / Planer / Architekt
 - 7.3. Montage des Erdkollektors durch den Monteur
 - 7.4. Bilder Erdkollektoren, Energiekörbe und Kompaktkollektoren
8. Überdecken

1. Einführung

Dieses Merkblatt über Wärmepumpenheizungsanlagen mit Erdkollektoren, die sich auf den heutigen Stand der Technik beziehen, soll dem Planer helfen, insbesondere bei der Auslegung der Wärmequellenanlage mehr Transparenz zu verschaffen. Als Basis dienen die Praxiserfahrungen der AWP-Firmen und die Messresultate von Pilotanlagen im In- und Ausland. Ferner wurde auf folgende wissenschaftlichen Untersuchungen zurückgegriffen:

- Bundesamt für Energie (BFE), Ernst Rohner, Simone Bassetti, Dezember 2005
- GeoForschungsZentrum Potsdam, Dr. Ernst Huenges

Unter dem Begriff "**Geothermische Energie**" oder "**Erdwärme**" wird die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde verstanden; dies gilt unabhängig davon, wo die im Erdreich enthaltene Energie letztlich herkommt (d.h. aus der eingestrahlten Sonnenenergie und/oder aus der im tiefen Untergrund gespeicherten Energie).

Damit beginnt die Nutzung der geothermischen Energie an der Erdoberfläche. Die Wärme stammt zu einem geringen Teil aus dem Erdinnern und zum überwiegenden Teil aus Sonneneinstrahlung, Wärme aus der Luft und Regen. Sie wird über eine Erdkollektoranlage, Kompakt- oder Zaunsysteme (im Erdreich verlegte Kunststoffrohre) als Wärmequelle der Wärmepumpe zugeführt.

Bei stetigem Energieentzug sinkt die Erdreichtemperatur in der Kollektorumgebung. Dieser Entzug entspricht einem bestimmten Wert der Wärmeentnahme, der als spezifische Kollektorleistung in W/m^2 Oberfläche definiert wird. Intensive Entnahme bedeutet tiefere Kolleortemperatur. Um eine gute Arbeitszahl der Wärmepumpenanlage zu erreichen, muss eine möglichst hohe Wärmequellentemperatur angestrebt werden. Dies ist dank einer Reduzierung des Wärmeentzugs pro m^2 möglich, wobei die atmosphärischen Einflüsse eine bedeutende Rolle spielen.

Aufgrund jahrzehntelanger Erfahrung steht fest, dass bei Respektierung einiger Randbedingungen für die Vegetation keine Nachteile entstehen.

Dieses Merkblatt **gilt nicht** für Systeme mit Direktverdampfung.

2. Querhinweis auf Normen und andere Schriftstücke

- Bundesamt für Energie (BFE), Ernst Rohner, Simone Bassetti, Dezember 2005
- VDI 4640 Blatt 1 und 2
- „Wegleitung für die Wärmenutzung mit geschlossenen Erdwärmesonden“ des BUWAL 1994 / überarbeitete Ausgabe ab ca. Frühjahr 2007 erhältlich

3. Erdkollektor, Erdwärmekorb, Kompaktkollektor

3.1. Bauart

- Für Erdkollektoren werden Endlosrohre mit einem Durchmesser von 20 - 40 mm verwendet, die horizontal und registerförmig im Erdreich verlegt werden (siehe Abb. 3).

- Ein Erdwärmekorb besteht aus einem Polyethylen-Rohr, das spiralförmig aufgewickelt wird und das einen Durchmesser von ca. 50 cm und eine Höhe von 2 m hat. Das Rohr hat eine Gesamtlänge von ca. 50 m (siehe Abb. 4). Kompaktkollektoren: Bei diesem System werden die Kollektoren-Rohre wie im Abb. 5 verarbeitet und verlegt.

3.2. Werkstoff

Als bewährter Werkstoff werden häufig Polyethylen-Rohre eingesetzt. Sie zeichnen sich aus durch die notwendige Elastizität und die günstigen Strömungseigenschaften und weisen geringe Reibungsverluste auf. Für den vorliegenden Verwendungszweck sind sie korrosions- und nahezu alterungsbeständig. Es kann mit einer Standzeitfestigkeit von ca. 50 Jahren gerechnet werden.

3.3. Verlegefläche und Montage

Die für den Erdkollektor vorgesehene Fläche muss horizontal planiert werden, wobei grundsätzlich nur gewachsenes Terrain in Frage kommt. Da die Kollektorrohre keine mechanischen Beschädigungen erfahren dürfen, sind Bauschutt und scharfkantige Steine zu entfernen.

Für Kompaktkollektoren, gewachsenes Terrain für einen Graben mit Böschung abtragen und seitlich für Wiedereinbau lagern.

3.4. Verlegetiefe und Abstände

Die Verlegetiefe für Erdregister beträgt ca. 1.0 - 1.5 m, bei Erdwärmekörben oder Kompaktkollektoren beträgt die Verlegetiefe 1.5 - 3.5 m. Der Mindestabstand von Gebäuden, Stützmauern, Leitungen usw. richtet sich nach den kantonalen Vorschriften, darf jedoch 1.5 m nicht unterschreiten. Die Abstände zwischen den einzelnen Endlosrohren richten sich nach dem Rohrdurchmesser (je grösser der Rohrdurchmesser ist, desto grösser muss der Rohrabstand sein).

Bei Kompaktkollektoren, Rohrgraben bis zu einer Tiefe von mindestens 1.2 m und Breite von 1 - 1.2 m ausheben und beidseitig abböschern, so dass ein Abrutschen vermieden wird.

3.5. Sammler und Verteiler

Die Sammler und Verteiler sollen jederzeit gut zugänglich sein (Lichtschaft oder separater Schacht). Der Verteiler/Sammler wird so eingebaut, dass alle Leitungen ansteigend zum Gerät im Haus verlegt werden können. Der Verteiler darf keinen Hochpunkt im Erdsystem bilden! Jeder Kreis muss einzeln abgesperrt werden können.

4. Wärmeträgermedium

4.1. Wahl des Wärmeträgermediums

Als Wärmeträgermedien dürfen nur Produkte der gemäss Art. 22 Abs. 2 der Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (StoV) erstellten Liste in der „Wegleitung zur Wärmenutzung aus Wasser und Boden“ (BUWAL) verwendet werden. Darüber hinaus sind weitere wichtige Kriterien zu beachten:

- Herstellerangaben (Wärmeträger- sowie übrige Anlagekomponenten)
- Die Stoffwerteigenschaften beeinflussen die Wärmeübertragung und damit die Arbeitszahl der Wärmepumpenanlage.
- Die Viskosität beeinflusst in hohem Masse den Systemwiderstand und dadurch die Aufnahmeleistung der Förderpumpe.
- Das gewählte Wärmeträgermedium muss über eine lange Betriebszeit alterungsbeständig und frei von Korrosionseinflüssen gegenüber den verschiedenen Werkstoffen innerhalb des Systems sein (stabiles Langzeitverhalten).

4.2. Konzentration und Stoffwerte

Die Konzentration – Mischungsverhältnis mit Wasser – verändert den Stoffwert des Mediums (Gemisches) beträchtlich. Die erhöhte Konzentration bewirkt eine Erhöhung der Viskosität und des Durchflusswiderstandes in den Rohren und im Wärmepumpenverdampfer. Die Frostsicherheit der Füllung in °C muss nach der tiefsten möglichen Verdampfungstemperatur der Wärmepumpe ausgelegt werden, wobei zusätzlich die Herstellerangaben der Wärmeträgermediumlieferanten in Bezug auf die minimale Konzentration zu beachten sind.

4.3. Strömungsgeschwindigkeiten

Die angegebenen Durchflussmengen des Wärmeträgers werden vom Wärmepumpen-Hersteller angegeben und sind unbedingt einzuhalten. Eine geringere Durchflussmenge reduziert die Strömungsgeschwindigkeit im System, und die Wärmeübertragungsleistung sowohl im Wärmepumpen-Verdampfer als auch in den Erdkollektorrohren nimmt ab. Die Heizleistung der Anlage kann nicht mehr erreicht werden.

4.4. Überwachung

Jede Erdkollektoranlage ist hinsichtlich Dichtigkeit, chemischer Stabilität und Frostsicherheit des Wärmeträgermediums periodisch zu überprüfen. Dabei sind die verschiedenen kantonalen Vorschriften zu beachten.

5. Entzugsleistung

Hinweis: Die Entzugsleistung des Registers entspricht der Kälteleistung der Wärmepumpe.

5.1. Maximale Entzugsleistung

Von ausschlaggebender Bedeutung für die fachgerechte Dimensionierung der Verlegefläche sind vor allem folgende Eigenschaften des Erdbodens:

- Wärmeleitkoeffizient (W/mK)
- Spezifische Wärme (kJ/kgK)
- Dichte (kg/m³)

Diese drei Grössen werden vor allem vom Feuchtigkeitsgehalt des Bodens beeinflusst. Im Normfall kann mit einem feuchten Erdreich gerechnet werden. In der Praxis genügt es, wie folgt, zu unterscheiden:

Feuchtigkeitsgehalt des Bodens:

- nass
- feucht
- trocken

Je feuchter der Erdboden beschaffen ist, umso bessere Wärmetauschverhältnisse lassen sich erzielen.

Erdbodenbeschaffenheit:

- sandig
- lehmig
- steinig

Globaleinstrahlung:

- sonnig
- normal
- schattig

Feuchtigkeitsgehalt, Erdbodenbeschaffenheit und Globaleinstrahlung sind entsprechend ihrer direkten Beeinflussung zu gewichten.

In der Schweiz kann man in der Regel mit folgender Konstellation rechnen:

Feucht/sandig-normalsonnig

Für diese Konstellation können aufgrund der gemachten Erfahrungen folgende maximalen Entzugsleistungen angenommen werden:

15 - 20 W/m²

Wird durch die Gewichtung der Beeinflussungsfaktoren eine unter dem Normalwert liegende Konstellation sichtbar, so muss der Wärmeentzug pro m² Erdfläche verringert werden. Bei ungünstigen Verhältnissen, z.B. **steinig-trocken-schattig**, kann sicher mit nicht mehr als

10 - 15 W/m²

gerechnet werden.

Bei Erdbodenbeschaffenheit mit **feuchtem lehmigem Boden** kann mit

25 - 30 W/m²

gerechnet werden.

Ist die Erdbodenbeschaffenheit günstiger als der Normalwert, z.B. **sandig-nass-sonnig**, so kann der Erdboden mit bis zu

30 - 35 W/m²

belastet werden.

Die erforderliche Erdfläche errechnet sich somit, wie folgt:

$\frac{\text{Mittlerer Wärmestrom (Kühlleistung) } Q_{om} \text{ (W)}}{\text{Belastungswert (W/m}^2\text{)}}$

Der Temperaturverlauf im ungenutzten Erdboden (Tiefe 1.0 - 1.2 m) entspricht in etwa dem mittleren Aussentemperaturverlauf während der Heizperiode.

5.2. Auslegungsbeispiel

Aus dem Erdreich können je nach Bodenbeschaffenheit und Klimazone pro Heizperiode und pro m² bis zu ca. 60 - 70 kWh/m²/a entzogen werden, wobei bei der Dimensionierung der Erdkollektorfläche der total erforderliche Wärmeentzug aus dem Erdreich für die Gesamtanlage (Heizung, Lüftung, Wassererwärmung, Schwimmbad usw.) sowie die Benützungsdauer bzw. die totale Betriebsstundenzahl der Wärmepumpe berücksichtigt werden müssen.

Beispiel:

Lage, Konstellation, Wärmeentzug

- Mittelland
- feucht-lehmig/sandig-normalsonnig
- 50 kWh/m²

Anlage / Entzugsbelastung

- Monovalente Wärmepumpe (nur Heizung) mit 2'000 Betriebsstunden pro Heizsaison
- Entzugsbelastung = $\frac{50 \text{ kWh/m}}{2'000 \text{ h}} = 25 \text{ W/m}^2$

Bestimmung der Verlegefläche

- Mit angenommener mittlerer Kühlleistung (Q_k) der Wärmepumpe von 8.35 kW bei B0W35 (entspricht EFH mit 50/40°C-Heizsystem und einem Wärmeleistungsbedarf von 10 kW)
- $F = \frac{8'350 \text{ W}}{25 \text{ W/m}^2} = 334 \text{ m}^2$

5.3. Bodentemperatur mit Erdwärmekörben

Die nachfolgende Abb. 1 zeigt, wie sich die Bodentemperatur in den ersten 20 Metern des Untergrundes während des Jahres verhält. Es zeigt sich, dass die Temperatur in der Einbautiefe der Erdwärmekörbe eine beträchtliche Phasenverschiebung zur Lufttemperatur hat. Die höchsten Temperaturen sind im November vorhanden und die tiefsten Anfang Sommer. Diese Phasenverschiebung hat im Prinzip zwei Ursachen: Einerseits ist der Untergrund ein schlechter Wärmeleiter, und andererseits besitzt er eine grosse Wärme- bzw. Speicherkapazität. Damit bleibt die Sonnenwärme, die in den ersten Metern im Sommer eindringt, für mehrere Monate erhalten und die Erdreichtem-

peratur nimmt langsamer als die Lufttemperatur ab. Diese Phasenverschiebung ist ein wesentliches Element der Funktion der Erdwärmekörbe. Gemäss nachfolgender Abb. 3 sind die höchsten Temperaturen im Erdreich im November zu Beginn der Heizperiode vorhanden. Die tiefsten Temperaturen kommen Anfang Sommer vor, wenn die Heizung nicht mehr benötigt wird und die Anlage eventuell für Kühlzwecke eingesetzt wird. Die gezeigte Beeinflussung der Lufttemperatur auf die Erdreichtemperatur kann aber als relativ gering betrachtet werden. In der Einbautiefe der Erdwärmekörbe herrscht eine relativ konstante Temperatur über das ganze Jahr im Bereich zwischen ca. 7 und 13°C. Erdwärmekörbe entsprechen deshalb einer idealen Energiequelle für Wärmepumpen, da die produzierten Temperaturen gleichmässig sind. Dies erhöht die Lebensdauer der Wärmepumpe.

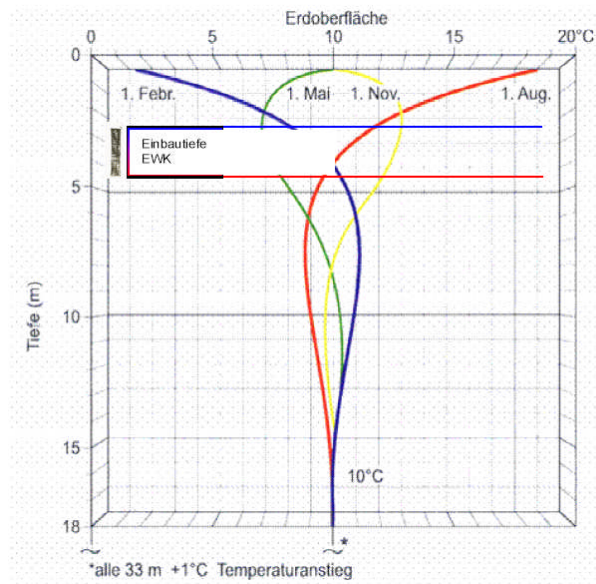


Abb. 1

6. Auswahl bzw. Dimensionierung der Anlageteile

Die dynamische Verhaltensweise der Wärmepumpe erfordert eine optimale Anpassung der Anlageteile von der Wärmequellen-(WQ)-Anlage bis zur Wärmenutzungs-(WN)-Anlage. Dies ist notwendig, weil die Vorgänge der WQ-Seite und der WN-Seite mit der Wärmepumpe als Wärmetransportmaschine sehr eng gekoppelt sind.

6.1. Bestimmung der Wärmepumpen-Heizleistung

Die Heizleistung der Wärmepumpe muss unbedingt mit der erforderlichen maximalen Heizleistung des Objektes übereinstimmen. Eine Unterdimensionierung der Wärmepumpenleistung führt zu längeren täglichen Betriebsstunden und insbesondere bei tiefen Aussentemperaturen mit grosser Abnehmerlast zu einem Dauerbetrieb. Infolge fehlender Erholungszeit bei der Wärmequelle verursacht der Dauerbetrieb schliesslich eine stetige Absenkung der Wärmequellentemperatur (Gefahr von Permafrost).

6.2. Maximale Betriebsdauer der Erdkollektoranlage usw.

Die unter Ziff. 5 aufgeführten spezifischen Entzugsleistungen garantieren bei richtiger Dimensionierung beim Intervallbetrieb eine reibungslose monovalente Funktion der Anlage. In der Praxis ergibt sich eine Betriebsstundenzahl von ca. 1'800 - 2'000 Stunden pro Jahr. Die Erdreichtemperatur regeneriert sich schnell.

6.3. Wärmequellenförderpumpe

Weil die mittlere Temperaturdifferenz, die Durchflussgeschwindigkeit und die Stoffeigenschaften der verwendeten Wärmeträgerflüssigkeit (Wasser-Frostschutzgemisch) ebenfalls eine entscheidende Rolle spielen, muss die Dimensionierung der Wärmequellenförderpumpe sehr sorgfältig erfolgen. Hinzu kommt, dass insbesondere bei kleineren Anlagen die Jahresarbeitszahl zufolge des hohen prozentualen Anteils der elektrischen Aufnahmeleistung der Wärmequellenförderpumpe wesentlich beeinflusst werden kann.

Die Stranglänge und -anzahl der Erdkollektoren müssen anlagebezogen optimiert werden. Nur so kann eine für die Anlage günstige Wärmequellenförderpumpe bestimmt werden.

7. Verlegevorschriften

Die Wärmegewinnung über einen Erdkollektor, Kompaktkollektor und Erdwärmekörper erfordert zusätzliche bauliche Arbeiten. Die nachfolgenden Verlegevorschriften sollen die Planung und Überwachung dieser Arbeiten erleichtern.

Die für den Kollektor vorgesehene Fläche muss planiert und frei von Bauschutt sein. Scharfkantige Steine sind zu entfernen und Unebenheiten durch Humus auszugleichen. Bei felsigem und sehr steinigem Boden ist ein entsprechendes Lehm- oder Humusbett mit einer Schichtdicke von mindestens 15 cm vorzusehen.

Die Verlegungstiefe bei Erdkollektoren beträgt ca. 1.2 - 1.5 m, bei Kompaktkollektoren 1.5 - 3.5 m. Sie muss in jedem Fall tiefer als die Frostgrenze sein. Der Mindestabstand von Gebäuden, Treppen, Sitzplätzen und Grundstücksgrenzen beträgt 1.5 m. Unter künstlich gestalteten Garagenvorplätzen, Treppen, Hausaufgängen, Sitzplätzen usw. oder unter Gartenplatten sollten keine Kollektorleitungen verlegt werden.

Die Rohre dürfen grundsätzlich nur auf gewachsenem Terrain verlegt werden. Ist das Terrain gemischt, muss unbedingt darauf geachtet werden, dass einzelne Rohre entweder nur in gewachsenem oder nur in aufgeschüttetem Boden verlegt werden.

Bei der Aufschüttung von Baugruben bei Neubauten können sich starke Setzungen ergeben. Der Verlegung der Kollektorrohre in einem solchem Terrain ist daher besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Beschädigungen (Kerben und Kratzer) der Rohre sind in jedem Fall zu vermeiden, da sich diese negativ auf das Standzeitverhalten auswirken. Daran ist nicht nur beim Verlegen zu denken, sondern auch bei der Lagerung und beim Transport. Beim Verlegen der Rohre erweist sich das Abwickeln von einer Rohrtrommel bzw. Abwickelvorrichtung als die vorteilhafteste Methode. Sie erfordert keine grossen Kraftanstrengungen. Auf keinen Fall dürfen die Rohre geknickt werden. Sollte dies trotzdem vorkommen, ist das Rohr zu ersetzen oder mittels Elektro-Muffenschweissung zu reparieren.

Klemmverschraubungen dürfen nur an zugänglichen Stellen ausserhalb des Erdreichs als Verbindungs- oder Schlüsselemente verwendet werden. Thermoplastische Kunststoffe haben die Eigenschaft, Spannungen, die auf sie ausgeübt werden, abzubauen.

Ein Nachziehen der Verschraubungen kann deshalb nach einer gewissen Zeit notwendig werden. Der Erdkollektor soll in einer Etappe verlegt werden können.

Bei Sammlern und Verteilern in Lichtschächten, wo die Kollektorrohre zusammengefasst werden müssen, sind die Tragrohre zur Entwässerung mit Kies zu unterlegen und mit einer dampfdiffusionsdichten Wärmedämmung zu versehen. Wenn die Verbindungsleitungen durch das Erdreich führen, sind sie mit einem Mindestabstand von 0.5 m zu verlegen.

Als Rohrmaterial ist die elastische Qualität (PEm) der weniger elastischen (PEh) vorzuziehen. Die minimalen Biegeradien nach Herstellerangaben sind zu beachten. Die Werte dürfen keinesfalls unterschritten werden.

7.1. Vorbereitung für den Installateur

1. Erdkollektor, Kompaktkollektor oder Erdwärmekorb ist bestellt und geliefert. Verbindungsleitung (Verteilerschacht – Haus) wurde abgemessen.
2. Verlegeplan ist gezeichnet und dem Bauherrn bzw. Baggerunternehmen zugestellt.
3. Mauerdurchführungen sind gestemmt, Verteilerschacht ist gesetzt, Rohrdurchführungen sind gebohrt / gestemmt.
4. Platzierung der Wärmepumpe wurde so gewählt, dass der Weg zwischen Verteiler (Schacht) und Wärmepumpe so kurz wie möglich ist.
5. Isolierung für Mauerdurchführungen (Armaflex 20 mm) bis mindestens 2 - 3 m von der Hauswand weg.
6. Warnband
7. Fotografieren
8. Kein Regen bei der Verlegung
9. Eine gute Vorbereitung erleichtert dem Monteur, dem Kunden und dem Hersteller die Arbeit erheblich.

Wenn alle Punkte erledigt bzw. beachtet worden sind, kann mit der Erdkollektorverlegung begonnen werden.

7.2. Vorbereitung durch den Bauherren / Planer / Architekt

1. Alle bestehenden sowie geplanten Leitungen (Wasser, Kanal, Strom) in den Verlegeplan einzeichnen.
2. Pro Erdkollektorkreis werden ca. 1 m³ Sand mit einer Korngrösse von 0,4 mm (ungewaschen) benötigt.
3. Eventuell geplante tiefwurzelnde Bäume sowie alle Bereiche, wo Pflastersteine verlegt werden, in den Verlegeplan einzeichnen.
4. Termin mit Bauunternehmung vereinbaren. Installateur verständigen. Erdkollektor soll mindestens 2 - 3 Monate vor Heizbetrieb eingebaut werden.
5. Baggertyp festlegen (grösstmöglicher Drehkranzbagger).
6. Mauerdurchführungen für Erdkollektor sind gebohrt oder einbetoniert.
7. Wenn ein Sammelschacht vorhanden ist, muss dieser wie auf Abb. 2 ausgeführt sein. Überschubrohr vom Sammelschacht zum Haus 2 x DN100 mm mit Gefälle zum Schacht.

8. Einige Fotos vom Erdkollektor anfertigen, die für die wasserrechtliche Bewilligung gebraucht werden, und um später die Lage des Kollektors zu kennen.
9. Zum Verteilen des Sandes sowie zur Aufsicht soll ein Helfer bauseits beigestellt werden.

Wenn alle Punkte erledigt bzw. beachtet worden sind, kann mit der Erdkollektorverlegung begonnen werden.



Abb. 2

7.3. Montage des Erdkollektors durch den Monteur

1. Erdkollektor und Isolierschläuche sind auf der Baustelle.
2. Bohrmaschine, Hilti für Mauerdurchführungen
3. Bagger hat nach dem Verlegeplan mit Erdarbeiten begonnen, erster Teil ist abgeschoben bzw. Künette ist gegraben.
4. **Verlegetiefe kontrollieren**
5. Erdkollektor auspacken und auf sichtbare Schäden prüfen.
6. Enden der Erdkollektoren mit 2 - 3 m Armaflex-Isolierschlauch versehen und durch Bohrlöcher führen.
7. Die Erdkollektoren ausrollen. Eine Länge ist 100 - 200 m bei Sole-Wärmepumpen (Metermarkierung beachten).
8. Verlegeabstand der Rohre soll **mindestens 0.6 - 0.8 m** betragen (siehe Herstellerangaben). Je weiter auseinander, umso höher ist der Wirkungsgrad.
9. Kollektor mit Sand 0.4 bedecken – ca. 5 - 10 cm um das Rohr
10. Fotografieren des Erdkollektors.
11. Warnband über den Erdkollektorkreisen verlegen
12. Sollte der Erdkollektor beschädigt werden, umgehend melden.
13. Sollte der Erdkollektor anders als auf dem Verlegeplan eingezeichnet, verlegt sein, den Plan korrigieren.

7.4. Bilder Erdkollektoren, Erdwärmekörbe und Kompaktkollektoren

7.4.1. Erdkollektoren



Abb. 3

7.4.2. Erdwärmekörbe



Abb. 4

7.4.3. Kompaktkollektoren

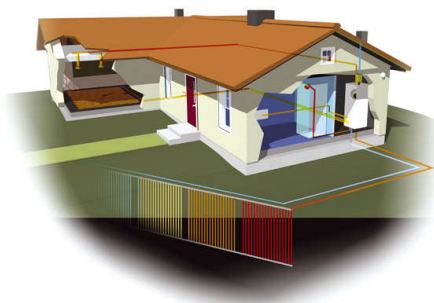


Abb. 5

8. Überdecken

Die Erde muss mit dem Bagger auf das Register geschoben und darf nicht fallen gelassen werden. Zwischen Baggerräumen und Kollektoranlage muss immer 60 cm Erdreich sein. Ist es aus irgendwelchen Gründen nicht möglich, den Kollektor mit einer mindestens 30 cm dicken Lehm- oder Humusschicht zu überdecken, so darf in der Erde wegen der Beschädigungsgefahr der Rohre kein grobes oder scharfkantiges Material (Steine, Bauschutt, Holz, Ziegelsteine, Betonwaren usw.) enthalten sein. Die Eindeckung ist von einer verantwortlichen Person zu überwachen. Um spätere Kontrollen oder gefahrlos Bauarbeiten im Erdkollektorbereich vornehmen zu können, ist die eingedeckte Anlage zu markieren und einem genauen Montageplan festzuhalten.