

Geothermie

Technische Grundlagen | JANSEN powerwave collect

Juli 2015

Abstract / Inhaltsverzeichnis

Erdwärme - die unerschöpfliche Energiequelle

Das Erdreich ist ein gigantischer Wärmespeicher. Bereits in zwei Metern Tiefe beträgt die Temperatur im Mittel 10° C. Diese Energie aus dem Erdreich können wir zum Heizen, Kühlen und für die Erzeugung von Warmwasser nutzen.

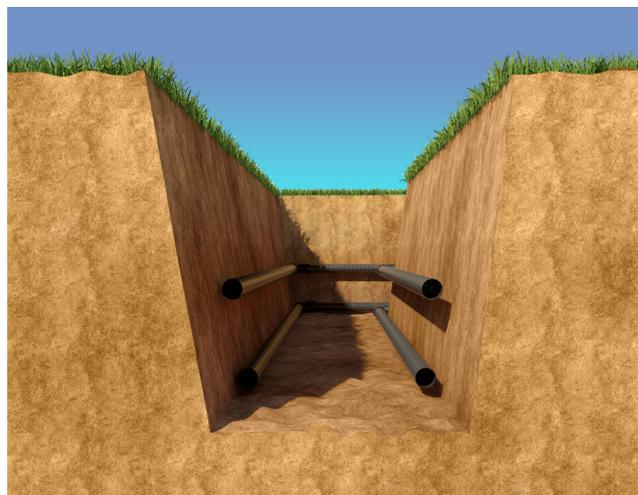
Es zeigt sich in der Praxis jedoch, dass diese Energiequelle oft falsch verstanden und eingeschätzt wird. Fehlerhafte und zu optimistische Auslegungen haben in manchen Fällen dazu geführt, dass Erdwärmeanlagen schlecht oder sogar gar nicht mehr funktionieren.

Besonders Horizontalsysteme, also Systeme, die in Tiefen von bis zu zirka fünf Metern verbaut werden, sind von diesen Fehleinschätzungen betroffen, weshalb diese Systeme in der Vergangenheit in ein schlechtes Licht gerückt wurden.

Richtig ausgelegt und geplant stellen Horizontalsysteme aber eine echte, effiziente und vor allem preiswerte Alternative zu Vertikalsystemen (Erdwärmesonden) dar.

Dieses Dokument soll dazu dienen, Horizontalsysteme und insbesondere den Jansen Grabenkollektor «powerwave collect» in den Ausführungen mit zwei und vier Rohren besser verstehen zu helfen und behandelt folgende Fragen:

Was ist Erdwärme und wie kommt diese zustande?	Seiten 4 + 5
Welche klimatischen Einflüsse sind zu beachten?	Seiten 6 + 7
Wie hat die Auslegung des JANSEN powerwave collect zu erfolgen?	Seite 8
Was ist die technische Grundlage für die Funktionstüchtigkeit und hohe Effizienz des JANSEN powerwave collect?	Seite 9
Wie lässt sich der JANSEN powerwave collect mit herkömmlichen Systemen vergleichen?	Seiten 10 + 11
Warum ist das Jansen Wellrohr leistungsstärker als herkömmliche Glattröhre?	Seiten 12 + 13
Sind theoretische Aussagen über den JANSEN powerwave collect auch durch Praxisbeispiele belegt?	Seiten 14 + 15



JANSEN powerwave collect p4

Was ist Erdwärme?

Was ist oberflächennahe Erdwärme?

Unter oberflächennaher Erdwärme (oder auch oberflächennaher Geothermie) versteht man die eingelagerte Energie in Schichten bis zu 400 Metern Tiefe. Diese Energie wird meist für Heizzwecke verwendet.

Dem gegenüber steht die Tiefengeothermie, bei der aus einigen tausend Metern Tiefe Wärme mit hoher Temperatur entzogen wird und hauptsächlich für Stromerzeugung genutzt wird.

Die oberflächennahe Geothermie ist gegliedert in Vertikal- und Horizontalsysteme. Horizontalsysteme befinden sich normalerweise innerhalb der ersten 5 Meter unterhalb der Geländeoberkante. Als Beispiel hierfür gilt der JANSEN powerwave collect.

Wie kommt oberflächennahe Erdwärme zustande?

Sonneneinstrahlung, Wind und Regen erwärmen insbesondere die oberen Schichten der Erde. Dem gegenüber steht der Energiefluss aus dem Inneren der Erde, sowie die Wärmeenergie, die durch Zerfallsprozesse freigesetzt wird. Der Wärmefluss aus dem Erdinneren beträgt in Mitteleuropa zirka $0,07 \text{ W/m}^2$. Die Bestrahlungsstärke durch die Sonne hingegen kann mit bis zu 1.000 W/m^2 beziffert werden – abhängig von Region und Lage – und beträgt somit annähernd das Fünfzehntausendfache. In unseren Breitengraden wird im Tagesdurchschnitt zirka 160 W/m^2 an Energie durch die Erdoberfläche absorbiert.

«Wir nutzen in der untiefen Geothermie also vor allem gespeicherte Sonnenenergie!»

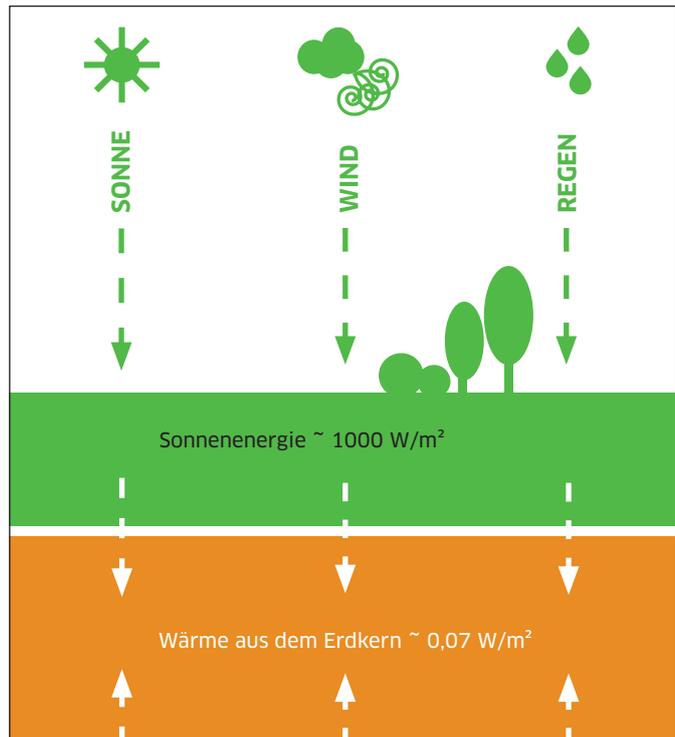
(Huber und Pahud, 1999, iA des Bundesamtes für Energie, Schweiz; sowie VDI 4640, Deutschland)

Es liegt auf der Hand: Je näher an der Erdoberfläche, desto stärker ist der Einfluss der Sonnenenergie. Claesson und Eskilson (Mathematische Physik, Universität Lund, Schweden), beides namhafte Experten in der Branche, kommen zu dem Schluss, dass es für alle Erdwärmesonden eine Zeitkonstante gibt, nach der ein Gleichgewichtszustand von Wärmeentnahme und Nachfließen der Wärme eintritt. Diese Zeitkonstante ist proportional zur Sondentiefe im Quadrat und liegt für 100 Meter tiefe Erdwärmesonden beispielsweise im Bereich von 10-50 Jahren.

In anderen Worten:

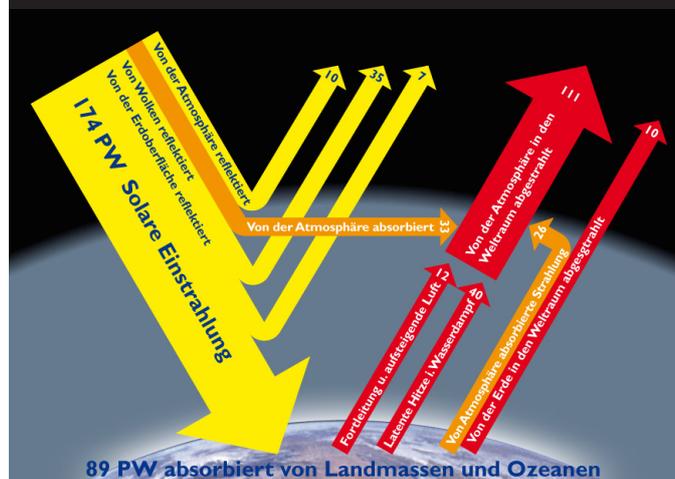
«Im Gleichgewichtszustand von Erdwärmesonden strömen ca. 85% der entzogenen Wärme von der Erdoberfläche nach, und nur ca. 15% kommen effektiv aus dem Erdinneren.»

Wenn die Temperaturregeneration des Erdreiches nicht aktiv unterstützt wird – beispielsweise durch Solarthermie oder Gebäudekühlung – ist sie also auf die Regeneration von oben angewiesen.



Quelle: TAB Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag
Paschen, Oertel, Grünwald, 2003, Arbeitsbericht Nr. 84; sowie VDI 4640
(Blatt 1, 2000)

Im Tagesdurchschnitt absorbiert das Erdreich ca. 160 W/m^2 an Energie.



Datenbasis: NASA, Hortert et al. & MIT Press, Vaclav Smil, 2003; PW = Petawatt

Der Einfluss der Sonneneinstrahlung erhöht den Wärmedurchgang wesentlich. Um diese Größe zu berücksichtigen, wird von der so genannten «Sonnenlufttemperatur» gesprochen. Darunter wird diejenige hypothetische Aussenlufttemperatur verstanden, bei der das Erdreich ohne Bestrahlung denselben Wärmedurchgang hätte.

Qualitätsfaktoren des Untergrundes

Wie sich die Energie im Erdreich verteilt

Wärmeübertragung findet in Böden durch Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung sowie an Wasserdampftransport gekoppelt statt. Der Wärmetransport durch Wärmeleitung ist hierbei der vorherrschende Mechanismus. Wärmeleitung findet in allen Bodenkomponenten statt, immer von Warm zu Kalt. Die Wärmeleitfähigkeit λ (W/m*K) ist ein Proportionalitätsfaktor, der den Einfluss des Bodens auf den Wärmetransport durch Leitung erfasst – also das Vermögen, thermische Energie mittels Wärmeleitung zu transportieren. Sie hängt von der Zusammensetzung der Struktur der Festsubstanz, dem Wassergehalt und dem Luftporengehalt ab. Die durch Wärmeleitung übertragene Wärmeleistung Q wird durch das Fouriersche Gesetz beschrieben:

$$Q = \lambda * (A / d) * (T_1 - T_2) \quad \text{in Watt}$$

- d Dicke des Körpers
- A Fläche, durch die die Wärme strömt
- T_1 Temperatur der wärmeren Oberfläche
- T_2 Temperatur der kälteren Oberfläche

Weitere Qualitätsfaktoren des Untergrundes

Ein weiterer Faktor für die Bestimmung der Qualität des Erdreiches ist die Wärmekapazität. Unter der Wärmekapazität versteht man die Wärmemenge, die man einem Stoff zuführen muss, um ein Mol (g, cm³) einer Substanz um ein Kelvin (1K = 1°C) zu erwärmen. Üblicherweise wird im Zusammenhang mit Erdwärme entweder die spezifische Wärmekapazität c angegeben [J/(g*K)] oder die volumetrische Wärmekapazität C [J/(cm³*K)]. Die Wärmekapazität eines Bodens ist vor allem von der Dichte und dem Wassergehalt abhängig – von den Anteilen der Komponenten Festsubstanz, Porenfluid und Poren gas. Die spezifische Wärmekapazität ergibt sich aus dem Quotienten der volumetrischen Wärmekapazität des Bodens und seiner Feuchtdichte p .

$$c = C / p$$

Das Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit λ zur volumetrischen Wärmekapazität C wird als Temperaturleitfähigkeit a bezeichnet. Diese ist ein Maß für die Geschwindigkeit des Temperaturausgleichs in einem Stoff.

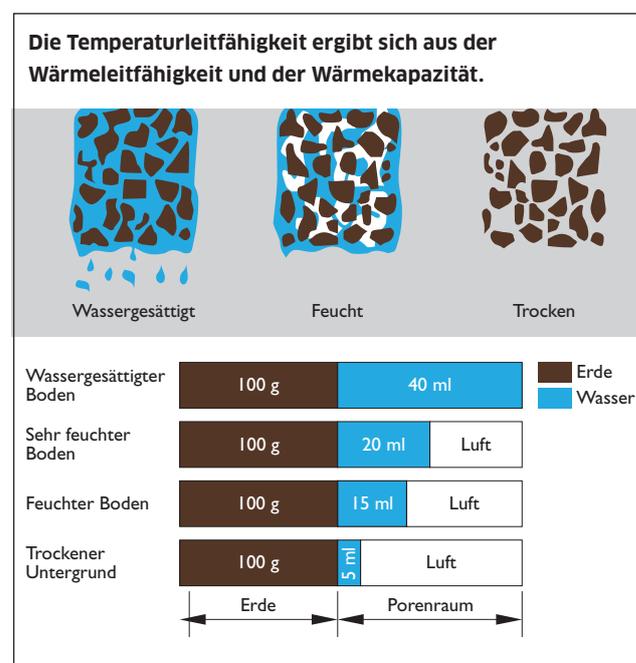
$$a = \lambda / C$$

Die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmekapazität steigen mit zunehmendem Wassergehalt des Bodens, jedoch nicht im gleichen Mass. Daher nimmt die Veränderung der Temperaturleitfähigkeit bei zunehmendem Wassergehalt einen uneinheitlichen Verlauf. (Thermische Effekte der tiefgründigen Bodenstabilisierung mit Branntkalk-Boden-Säulen, Scholz-Solbach, 2004, Universität Weimar)

Exemplarische Bodenwerte

Bodenart	λ [W/m*K]	C [MJ/m ³ *K]	a [m ² /d]
Nicht bindig, trocken	0,35	1,45	0,024
Nicht bindig, feucht bzw. bindig, trocken	0,87	1,60	0,045
Bindig, feucht	1,30	1,80	0,056
Bindig, sehr feucht	1,80	2,00	0,063
Wassergesättigt	2,42	2,50	0,078

Quelle: SIA 384/6; Jansen; IGSHPA Installation Guide, Oklahoma State University, 1988



Einfach gesagt: Feuchte, bindige Böden haben bessere thermische Eigenschaften als trockene, nicht bindige Böden.

(Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren, 2010, BDH Bundesindustrieverband Deutschland, Haus-, Energie- und Umwelttechnik & bwp Bundesverband Wärmepumpe)

In der Natur hauptsächlich vorkommende Böden

	Sand	Lehm	Schluff	sandiger Ton
Wassergehalt in Vol. %	9,30	28,20	38,10	36,40
λ [W/m*K]	1,22	1,54	1,49	1,76
c [J/kg*K]	805	1229	1345	1324
Dichte kg/m ³	1512	1816	1821	1820

Quelle: BDH & bwp, 2010

Klimatische Einflüsse auf Horizontalsysteme

Der Energie(ein)fluss von oben

Im Vergleich zu Erdwärmesonden werden Horizontalsysteme – wie zum Beispiel Erdwärmekörbe, Flächenkollektoren und Grabenkollektoren – oberflächennaher eingebaut und befinden sich deshalb in einer Tiefe, wo saisonale Temperaturschwankungen vorhanden sind. Die Bodentemperatur hat eine beträchtliche Phasenverschiebung zu der Lufttemperatur, ist also abhängig von ihr, aber zeitlich verschoben.

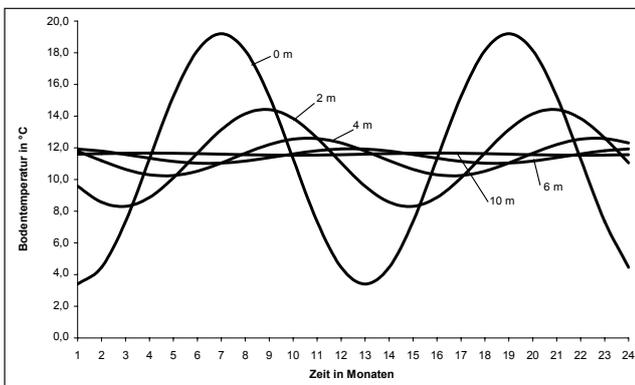
Für die Ermittlung dieser Phasenverschiebung spielt wiederum die Temperaturleitfähigkeit eine grosse Rolle. Anhand der durchschnittlichen Jahresausenlufttemperatur, der vorhandenen Amplitude der mittleren Oberflächentemperatur am jeweiligen Ort und der Temperaturleitfähigkeit kann ermittelt werden, welche Temperaturen in welcher Tiefe zu welcher Zeit des Jahres normalerweise vorherrschen.

Die Phasenverschiebung ist eine der wichtigsten physikalischen Einflüsse für die Funktion von Horizontalsystemen, insbesondere von Grabenkollektoren.

Die Phasenverschiebung kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

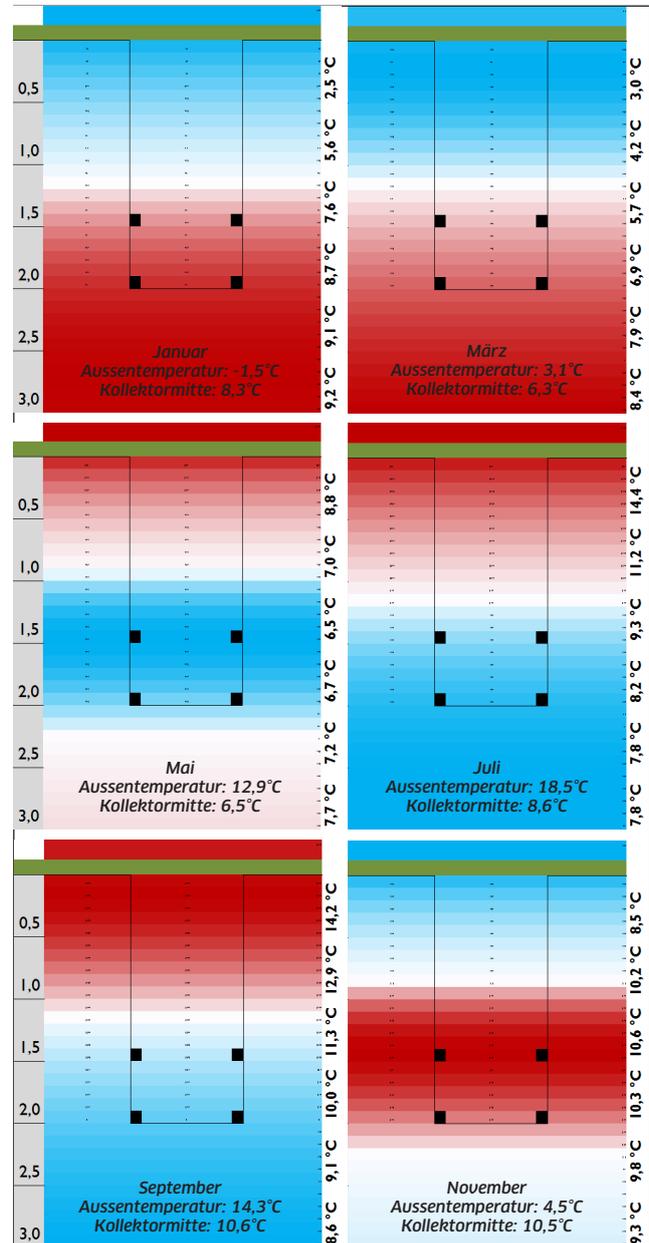
$$v_{ez}(t) = \bar{v} - \hat{v} * \exp \left[-z * \left(\frac{\pi}{T * a} \right)^{\frac{1}{2}} \right] * \cos \left\{ \frac{2\pi}{T} * \left[t - t_0 - \frac{z}{2} * \left(\frac{T}{\pi * a} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\}$$

Die höchsten Temperaturen im ungestörten Erdreich sind, je nach Tiefe und Bodenverhältnisse, zwischen Oktober und Dezember, also zu Beginn der Heizperiode, vorhanden. Die tiefsten Temperaturen kommen dann im Frühling bzw. zu Anfang des Sommers vor, wenn die Heizung nicht mehr benötigt wird (und die Anlage eventuell für Kühlzwecke eingesetzt wird). (Bassetti und Rohner, 2005, iA des Bundesamtes für Energie, Schweiz)



Jahresgang der Temperatur für verschiedene Tiefen
Scholz-Solbach, 2004, Grundlage: Deutscher Wetterdienst,
Messstelle Düsseldorf, 30-jähriger Messzeitraum

JANSEN powerwave collect p4



Darstellung der Phasenverschiebung anhand von
Temperatursimulationen des Erdreiches
Grundlage: 1,5 WmK; 1,6 t/m³; 1,8 MJ/m³K
Ø Jahresausenlufttemperatur 8,5°C; Amplitude 10°C
© Jansen, Alge und Pernter

Regen und Schnee

Die Wirkung von Niederschlägen in diesem Zusammenhang wird oft als sehr einflussreich dargestellt. Die Behauptung, dass der Wärmeinhalt der Niederschläge massgeblich für die Wärmezufuhr ist, trifft jedoch nicht zu.

Nimmt man vereinfachend an, dass die Temperatur der Niederschläge der Lufttemperatur entspricht, so würde deren Eindringen in das Erdreich sogar eine Abkühlung bewirken.

$$Q_{\text{Niederschlag}} = m_{\text{Niederschlag}} * c_{\text{Wasser}} * (T_{\text{Luft}} - T_{\text{Erdreich}})$$

Daten von Gmunden, OÖ, A	Jahr
Ø Aussenlufttemperatur [°C]	8,9
Ø Bodentemperatur 5 cm [°C]	10,1
Niederschlag Monatsmittel [l/(m²a)]	1.181
Wärmeeintrag durch Niederschlag pro m²/a [kWh]	-1,66

Quelle: ZAMG Österreich, Werte 2010

Der Vorteil von Regen und Schmelzwasser ist jedoch ein gewisser Einfluss auf die Wärmeleitung und den Wärmetransport. Die Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches und die latente Wärmekapazität bei Eisbildung sind in feuchtem Untergrund bedeutend höher als im trockenen Erdreich. Aus diesem Grund sollten die Erdoberflächen auch keine Versiegelung erhalten.

(B. Glück, Simulationsmodell «Erdwärmekollektor», 2008)

Eine geschlossene Schneedecke wirkt wie ein Isolator und führt im Winter zu einer geringeren Bodenauskühlung.

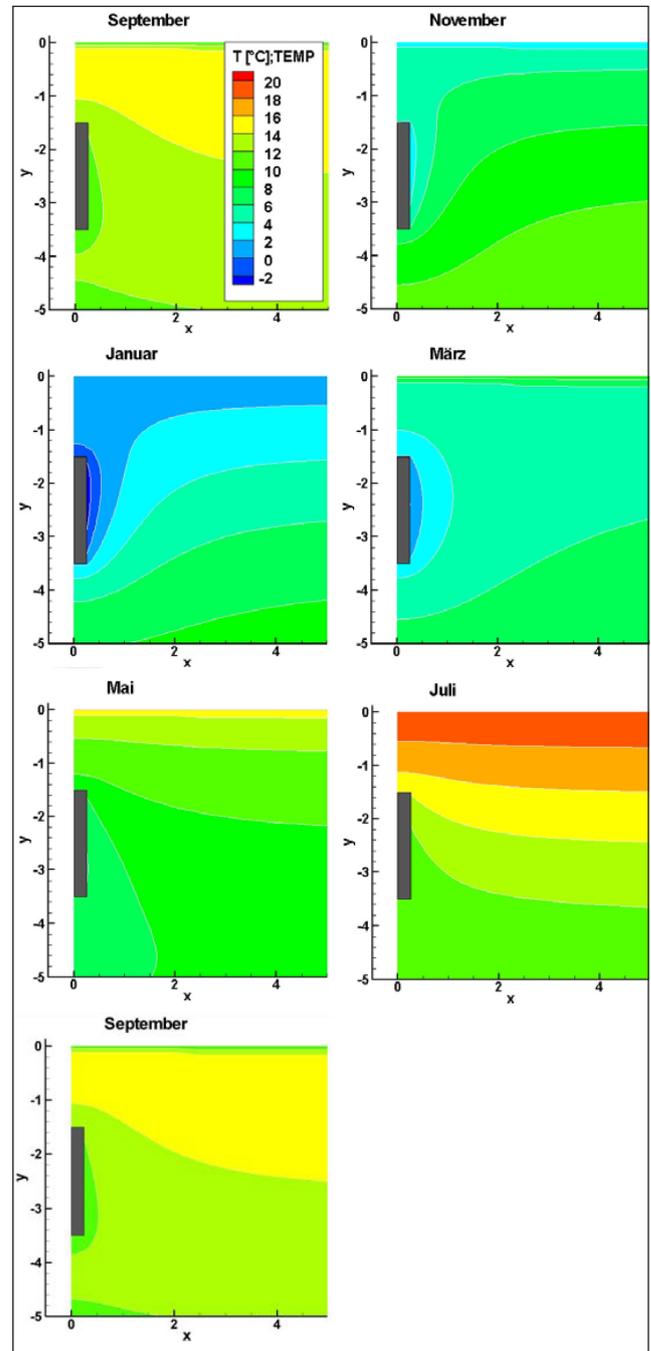
Ständige Regeneration

Neben der Entzugsleistung spielt auch die jährliche Entzugsarbeit (entzogene Energiemenge) - unabhängig von der Bodenbeschaffenheit - eine zu berücksichtigende Rolle. Diese sollte 70 kWh/m²/a nicht überschreiten.

Der JANSEN powerwave collect p4 hat pro Grabenmeter eine Entzugsfläche von etwa 4 m². Das ergibt eine vorhandene Entzugsenergiemenge von bis zu 280 kWh/a pro Grabenmeter.

Dem gegenüber steht in Mitteleuropa eine Energieeinstrahlung durch die Sonne von etwa 1000 kWh/m²/a oder eine Gesamtenergiemenge von 4000 kWh/a pro Grabenmeter. (Meteonorm, Global Irradiation, Annual Mean 1981-2000, Meteotest, Schweiz)

Durch diesen Prozess wird die vom Kollektor im Winter abgezogene Energie von oben im Sommer wieder eingebracht - ein Kreislauf, der sich Jahr für Jahr wiederholt.



Simulation zur Darstellung der vollständigen Temperaturregeneration von Horizontalsystemen - am Beispiel eines Erdwärmekorbes
Quelle: Bassetti u. Rohner, 2005

Auslegung: Die Grundlage

Funktion und Effizienz vs. Installationskosten

Je höher die Solerücklauftemperatur in die Wärmepumpe, desto besser der Wirkungsgrad der Anlage. Anders formuliert: Ein grösserer Kollektor verringert die Betriebskosten. Dem gegenüber stehen die Investitionskosten der Anlage, denn um die Soletemperatur wesentlich zu verbessern, steigt die benötigte Anlagengrösse ab einem gewissen Punkt überproportional an. Und nicht zu übersehen ist die Machbarkeit: Mit der Anlagengrösse vergrössert sich der Platzbedarf! Die physikalische Grenze für die Soletemperatur ist die Bodentemperatur – abzüglich Wärmeübergangsverluste – die im Winter normalerweise bei etwa 5° C bis 8° C liegt. Für einen sicheren Betrieb von Wärmepumpen sind die angegebenen Betriebsgrenzen unbedingt einzuhalten, üblicherweise -5° C Soletemperatur in die Wärmepumpe (Spreizung 3 K). Für die Auslegung von Kollektoren gilt aber noch ein weiterer Faktor.

Eisbildung – gut oder schlecht?

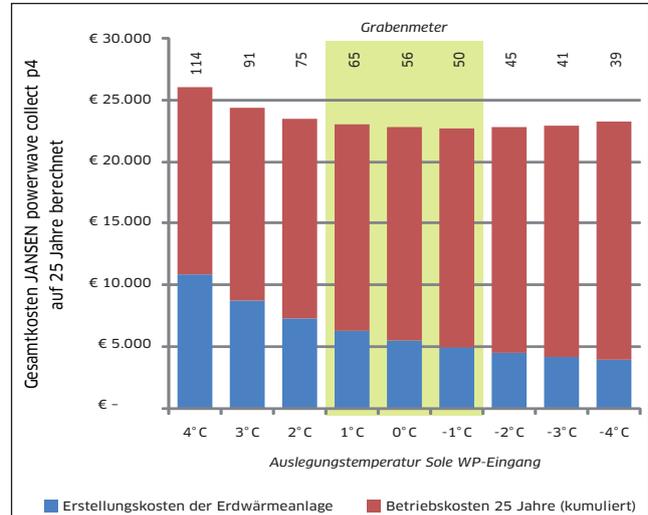
Der übliche Temperaturverlauf der Sole bei herkömmlichen Flächenkollektoren zeigt, dass Temperaturen im Minusbereich durchaus üblich sind. Bei der Unterschreitung des Gefrierpunktes und der damit beginnenden Eisbildung wird so genannte versteckte bzw. «latente» Wärme freigesetzt.

Unter der so genannten «Auslegungstemperatur» versteht man in diesem Zusammenhang das Wochenmittel der Solerücklauftemperatur zur Wärmepumpe in der Heizsaison.

Die lokale Eisbildung ist ein gewünschter Effekt, da sie eine hohe Wärmekapazität durch den Phasenwandel des Bodenswassers freisetzt und zusätzlich die Wärmeleitfähigkeit erhöht. (siehe VDI 4640)

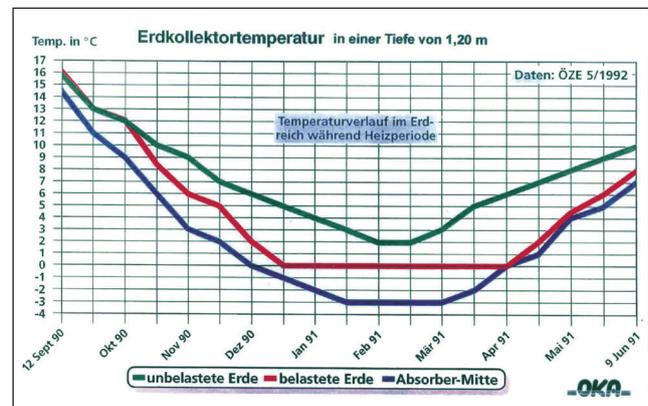
Die Abkühlung des Erdreiches bei einem richtig ausgelegten Erdwärmekollektor wirkt sich in der Regel nicht schädlich auf die Umwelt aus. Die Eisbildung um die Kollektorrohre herum ist jedoch aufgrund zweier Effekte unbedingt zu begrenzen:

1. Das Eis dehnt sich beim Erstarren aus. Wächst das Eis um die Kollektorrohre so weit an, dass er die natürliche Eisschicht des gefrorenen Bodens (Frostgrenze) berührt, können vor allem bei bindigen Böden Hebungen entstehen.
2. Wenn die Eistradien um die einzelnen Kollektorrohre zusammenwachsen, ist der vertikale Feuchtigkeitstransport unterbrochen. Das sich im Frühjahr bildende Schmelzwasser und die Niederschläge können dann nicht versickern. Es entsteht Matsch an der Erdoberfläche. Es ist somit zu beachten, dass eventuell zusammengewachsene Eistradien zwischen Mitte April und Mitte Mai rechtzeitig wieder soweit zurück tauen, dass das Wasser zumindest in den Zwischenräumen hindurchsickern kann. (BDH & bwp, sowie Ramming, 2007, TU Dresden)

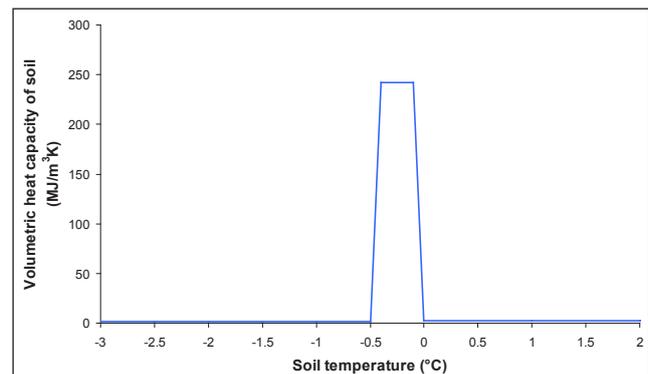


Berechnungsgrundlage: EFH mit 150 m²; 8 kW Wärmepumpenleistung; Heizen und Warmwasser; Untergrund: Bindig-feuchter Boden; Kälteleistung: 6,2 kW; Stromkosten 0,16 €/kWh

Fazit: Eine ideale Auslegung nutzt die latente Wärme, gewährleistet die Regeneration und ist im Gleichgewicht mit Effizienz, Platzbedarf und Investitionskosten.



Üblicher Temperaturverlauf bei herkömmlichen Flächenkollektoren
Quelle: arsenal research, Österreich, Stumpf, 2008



Die Freisetzung von latenter Wärme entspricht einem Vielfachen der normalen Wärmekapazität des Bodens (en. «soil»). Ton/Lehm bei 30 Vol.% Feuchtigkeit.
Quelle: Xing, Spitler, Cullin (Oklahoma State University), Modeling of FHX, 2010

JANSEN powerwave collect: Intelligentes Layout

Perfektes Design

Das Design des powerwave collect wurde perfekt an die realen Bedingungen angepasst. Die idealen Rohr- und Grabenabstände stellen sicher, dass genügend Energie vom Erdreich geliefert werden kann. Der intelligente Solefluss optimiert aber auch die Effizienz für einzelne Taktungen, da die Soletemperatur beim Wärmepumpeneingang möglichst nahe an der Bodentemperatur liegt – der Temperaturgradient im Erdreich wird besser genutzt. Die Leistung des JANSEN powerwave collect wurde durch Simulationen mit der Berechnungssoftware «GLD - Ground Loop Design» (© Gaia Geothermal, LLC), durch Berechnungen des Instituts für Energietechnik an der Hochschule Rapperswil (IET HSR), durch Auslegungskalkulationen der Huber Energietechnik AG, Zürich sowie Jansen-Testanlagen geprüft. So ist sichergestellt, dass das System und auch das Erdreich genügend Energie für den Winter liefern können. Mit dem Tool «JANSEN geoplan» ist es möglich, Horizontalsysteme mit verschiedenen Layouts, Auslegungstemperaturen und weiteren Parametern auszulegen. Unsere Auslegungsrichtlinien sind somit auf neueste wissenschaftliche Erkenntnisse fundiert, durch Simulationen gestützt und durch die Praxis bestätigt.

JANSEN powerwave collect p2

Tiefe: 1,5 Meter
Grabenbreite (unten): 1,0 Meter

JANSEN powerwave collect p4

Tiefe obere Rohrlage: 1,5 Meter
Tiefe untere Rohrlage: 2,0 Meter
Grabenbreite (unten): 1,0 Meter

Empfohlene Abstände

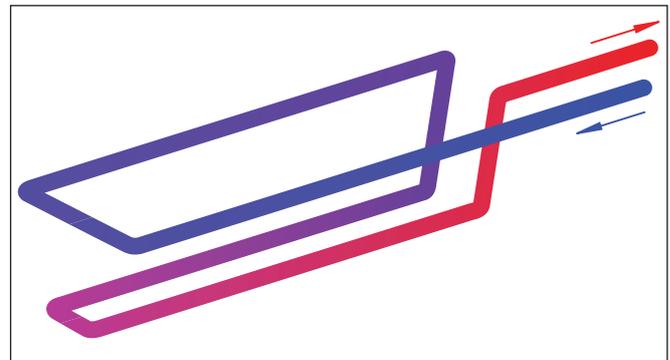
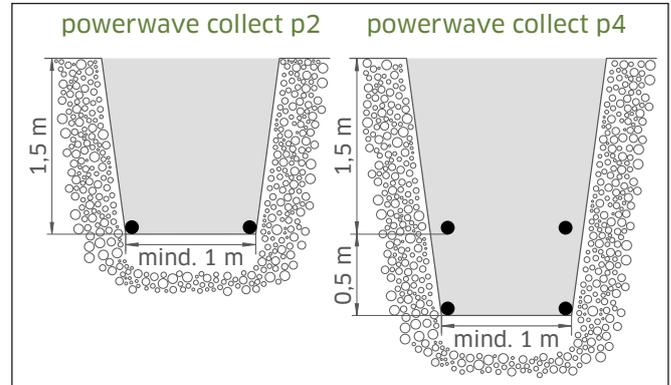
zu Bauwerken 2,0 Meter
zu Versorgungsleitungen 1,0 Meter
zwischen den Gräben 3,0 Meter
zur Grundstücksgrenze 1,0-2,0 Meter
Örtliche Vorschriften und Gegebenheiten sind zu beachten!

Hohe Planungsqualität

Zu einer gut funktionierenden Erdwärmepumpenanlage gehören nicht nur ein ausgezeichnetes Produkt und ein durchdachtes System sondern auch Planung mit Know-How. Für eine fachgerechte Auslegung werden folgende Dinge ermittelt:

- Energiebedarf (Heizen, Kühlen, Warmwasser)
- Bodenzusammensetzung (Bodentyp, Feuchtigkeit)
- Jahresausenlufttemperatur

Mit diesen Parametern kann die Entzugsleistung des JANSEN powerwave collect errechnet werden. Dabei hilft Ihnen das Tool JANSEN geoplan (Ausschnitt siehe Abbildung rechts).



Der Solefluss des JANSEN powerwave collect p4 ist so gestaltet, dass zuerst die obere Ebene und danach die untere Ebene durchströmt wird. Das erhöht den Wirkungsgrad im Heiz- und Kühlfall.

Jansen geoplan pwkt1.0

Planer
Bearbeiter
Telefon
Fax
Email
Auftraggeber
Adresse
Person
Telefon
Kundennummer

powerwave Simulation
Berrechnung für Wellrohrkollektorsysteme

Objekt
Datum

powerwave Kollektor Typ

powerwave collect p1
powerwave collect p2
powerwave collect p4 **ausgewählt**

Wärmepumpendaten
Wärmepumpenleistung
COP
Kälteleistung #DIV/0!

Durchfluss Solekreislauf
Druckverlust Verdampfer
Warmwasserbereitung (Anzahl Personen)

Klimadaten und Bodenwerte
Ø Temperatur Aussenluft
Ø Temp. kältester Monat
Korrekturfaktor -55.0%

Auslegungstemperatur Kollektor
Bodentyp **Lehm**
Standort der Anlage
Strasse

Wir geben unser Know-How an unsere Kunden weiter:

- **Unsere Partner werden fachgerecht geschult.**
- **Support durch unsere technischen Mitarbeiter.**
- **Professionelle Unterstützung bei der Planung und Auslegung.**

Der JANSEN powerwave collect im Vergleich

Vergleich: JANSEN powerwave collect und klassischer Kollektor

Klassische Flächenkollektoren werden in einer Tiefe von 1,2 Metern und auf einer Fläche von – je nach Energiebedarf – mehreren hundert Quadratmetern verbaut. Dabei fallen oft enorme Erdbewegungsarbeiten an, es entstehen Probleme beim Deponieren des Aushubmaterials. Die Energie kann im Winter nur von oben und unten nachströmen, die Rohre beeinflussen sich gegenseitig stark – das führt zu dem hohen Flächenbedarf. Grosse Teile des Grundstückes sind dann durch den Kollektor belegt und können nicht mehr überbaut oder mit tiefwurzelnden Bäumen bepflanzt werden. Weiters ist die Montage einer Verteileranlage obligatorisch.

Die Energieentnahme beim JANSEN powerwave collect hingegen erfolgt über die Grabenlänge. Die Energie kann aus mehreren Richtungen nachfliessen. Das reduziert den Flächenbedarf im Vergleich zu herkömmlichen Flächenkollektoren. Ausserdem profitiert speziell der JANSEN powerwave collect 4 vom tieferen Einbau. In zwei Metern Tiefe ist die Phasenverschiebung ausgeprägter und die Temperatur konstanter auf einem hohen Niveau. Der Unterschied kann mehrere Grad Celsius betragen.

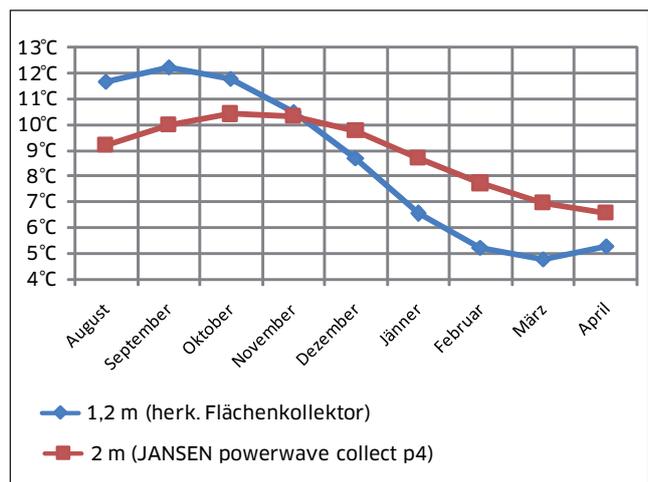
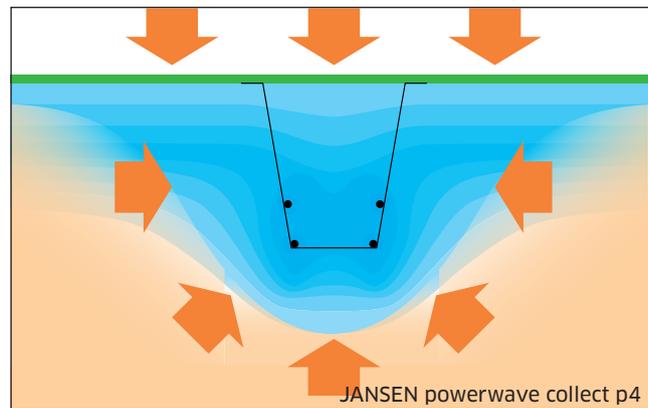
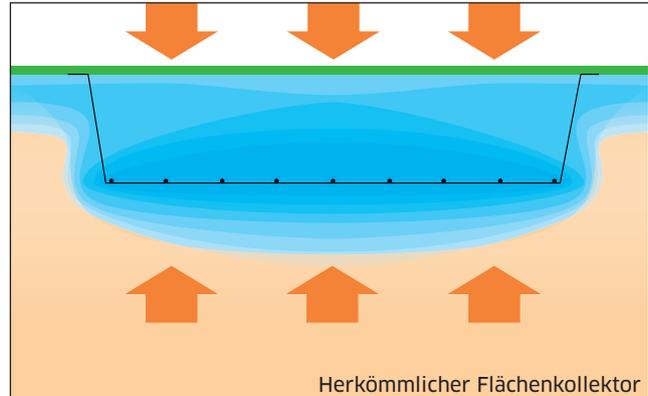
Vorteile des JANSEN powerwave collect p4 gegenüber herkömmlichen Flächenkollektoren:

- Flächige Eisbildung wird verhindert.
- Flexible Platzierung möglich.
- Entscheidend weniger Erdbewegungsarbeiten notwendig.
- Geringerer Platzbedarf.
- Im Normalfall Verbau entlang der Grundstücksgrenze möglich, sodass grosse Teile des Grundstückes für anderweitigen Verbau zur Verfügung bleiben.
- Bis zu 10 kW Heizleistung kein Verteiler notwendig.

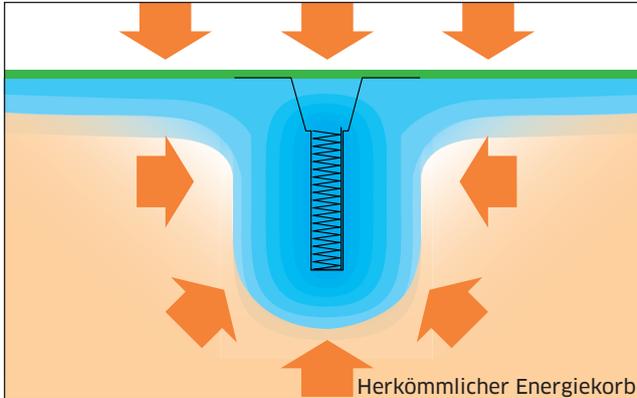
Vergleichsbeispiel

bei bindigfeuchtem Untergrund, 10°C durchschnittliche Aussenlufttemperatur

Anlage mit 8 kW Heizleistung	JANSEN powerwave collect p4	Herkömmlicher Flächenkollektor 32 mm Glattrohr
Grabenlänge	90 m	-
Installationsfläche	100 m ²	300 m ²
Erbewegung	180 m ³	360 m ³
Rohroberfläche des Erdwärmesystems	79 m ²	40 m ²
Anlageninhalt	800 Liter	200 Liter



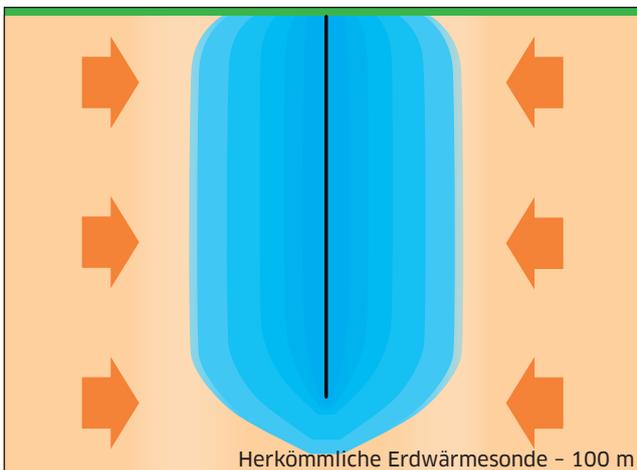
In den Monaten der Heizsaison ist die natürliche Erdreichtemperatur um den powerwave collect p4 herum um einiges höher als bei herkömmlichen Flächenkollektoren. Grundlage: siehe S. 6



Vergleich: JANSEN powerwave collect und Energiekorb

Das Prinzip des powerwave collect ähnelt somit eher dem eines Energiekorbes. Energiekörbe setzen ebenfalls auf eine radiale Energieentnahme.

Herkömmliche Energiekörbe sind jedoch etwas aufwändiger und kostenintensiver zu verbauen. Zudem ist die thermische Belastung des Untergrundes grösser.



Vergleich: JANSEN powerwave collect und Erdwärmesonde

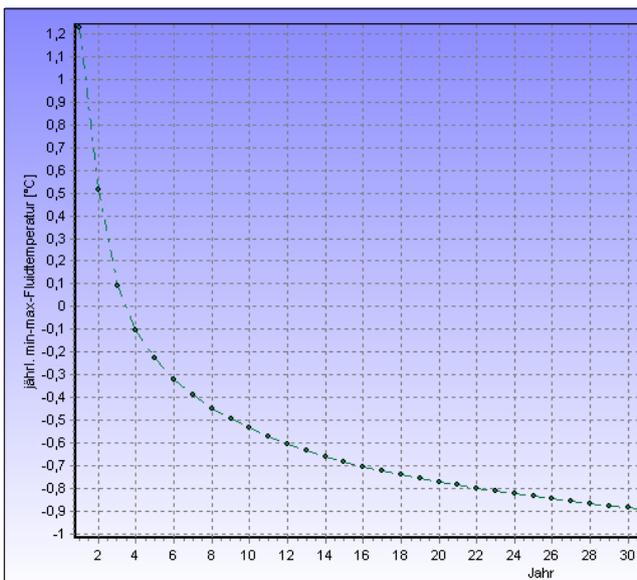
Der Energieentzug einer Erdwärmesonde findet über die gesamte Länge radial statt. Vom Prinzip her hat ein Grabenkollektor also auch Ähnlichkeit mit einer Erdwärmesonde.

Nachteil der tiefen Erdwärmesonde: Die Temperaturregeneration kann nicht jedes Jahr vollständig erfolgen, das heisst, das Erdreich kühlt im Normalfall von Jahr zu Jahr ab. Eine 50-jährige Simulation zeigt: Das ursprüngliche Temperaturniveau kann allein durch natürliche Regeneration nicht wieder erreicht werden.

Zusätzliche Vorteile des JANSEN powerwave collect p4 gegenüber herkömmlichen Erdwärmesonden:

- Nicht genehmigungspflichtig
- Kein Bohrrisiko
- Kein Bohrschlamm
- Wesentlich geringere Investitionskosten

Temperaturverlauf herkömmlicher 100 m Erdwärmesonde



Simulation mit EED - Earth Energy Designer

Rohrdesign mit Vorteilen

Neben dem Grabenlayout ist schlussendlich der hohe Wirkungsgrad des Jansen Wellrohres der entscheidende Faktor für die hohe Performance. Die Jansen powerwave collect Systeme bestehen aus einem Wellrohr aus PE 100 RC mit 63 mm Aussendurchmesser. Das integrierte Glattrhrsegment alle 100 cm ermöglicht ein einfaches und sicheres Verbinden mit Elektroschweissfittings.



Jansen Wellrohr

- Verbesserte Energieaufnahme durch turbulente Strömung
- Grössere Oberfläche für bessere Wärmeübertragung
- Bessere Formstabilität und Flexibilität
- Langlebig durch PE 100 RC
- SKZ-zertifiziert

Mehr Oberfläche und turbulente Strömung

Die Welle mit dem entscheidenden Vorteil: Im Vergleich zu Glattröhren hat das Wellrohr eine wesentlich grössere Oberfläche für den Energiegewinn: 0,22 m² pro Rohrlaufmeter.

Im Vergleich: Das für Flächenkollektoren häufig verwendete Glattrrohr mit 32 mm Durchmesser hat eine Oberfläche von nur zirka 0,1 m² pro Laufmeter.

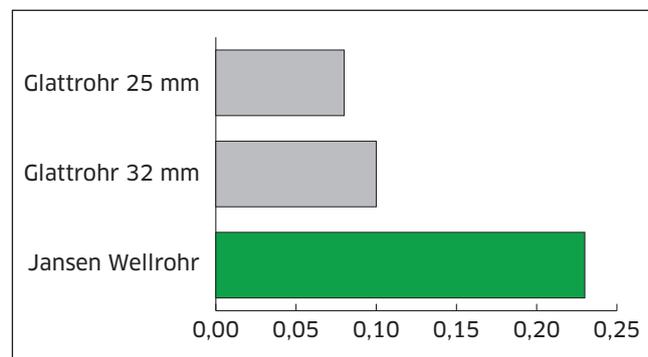
Positiver Nebeneffekt des grösseren Durchmessers ist neben der Oberfläche auch das Solevolumen im Inneren. Dieses ist beim JANSEN powerwave collect um einiges grösser als bei herkömmlichen Systemen (siehe Vergleichsbeispiel S. 10), wodurch mehr Energie gespeichert werden kann.

Da das Rohr auch innen gewellt ist, erzielt das System eine optimale turbulente Strömung, für verbesserten Wärmeübergang vom Erdreich zur Wärmeträgerflüssigkeit.

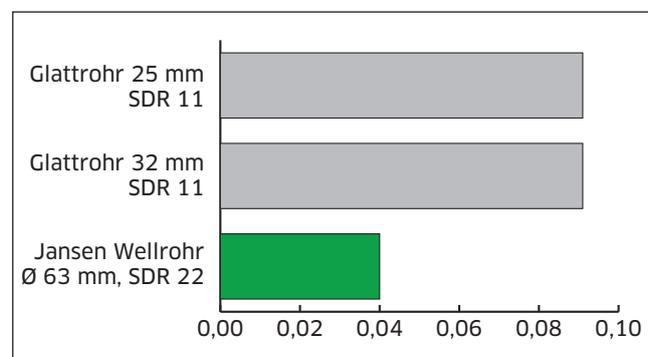
Rohrwiderstand: der Leistungsfaktor

Aus diesen Faktoren resultiert ein wesentlich geringerer thermischer Rohrwiderstand im Vergleich zu herkömmlichen Glattröhren. Der Rohrwiderstand, ausgedrückt in m²K/W, ist der ausschlaggebende Leistungsfaktor des verwendeten Rohrs und neben der Leistungsfähigkeit des Bodens der wesentliche Faktor für die Beurteilung der Gesamtanzugsleistung. Je kleiner der Widerstand, desto effektiver der Kollektor.

Vergleich: Rohroberfläche in m²/lfm



Vergleich: Rohrwiderstand in m²K/W



Quelle: GLD 2010 und Messungen

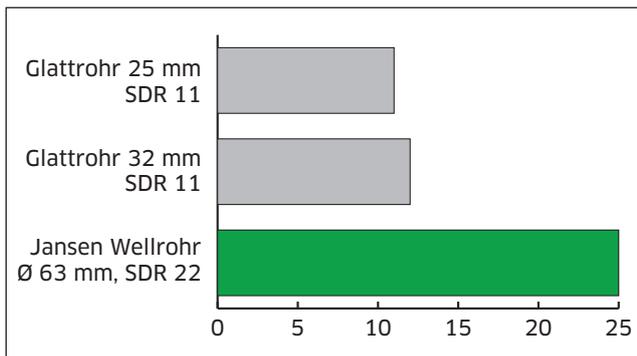
Geringerer Widerstand heisst mehr Leistung

Mit der Wärmestromgleichung nach Fourier lässt sich veranschaulichen, welche Auswirkung ein geringerer Widerstand auf die Wärmeleitung durch das Rohr hat.

$$Q = (2 * \pi * l) / \ln(da/di) * \lambda * \Delta T$$

- Q Leistung in Watt pro Laufmeter Rohr
 l Länge des Rohres (1,0 m)
 da Aussendurchmesser des Rohres (in m)
 di Innendurchmesser des Rohres (in m)
 λ Wärmeleitfähigkeit (in W/m*K)
 ΔT zu berücksichtigende Temperaturdifferenz (in K)

Vergleich: Wärmestrom nach Fourier bei 1K ΔT



Ergebnis in Watt pro Laufmeter Rohr

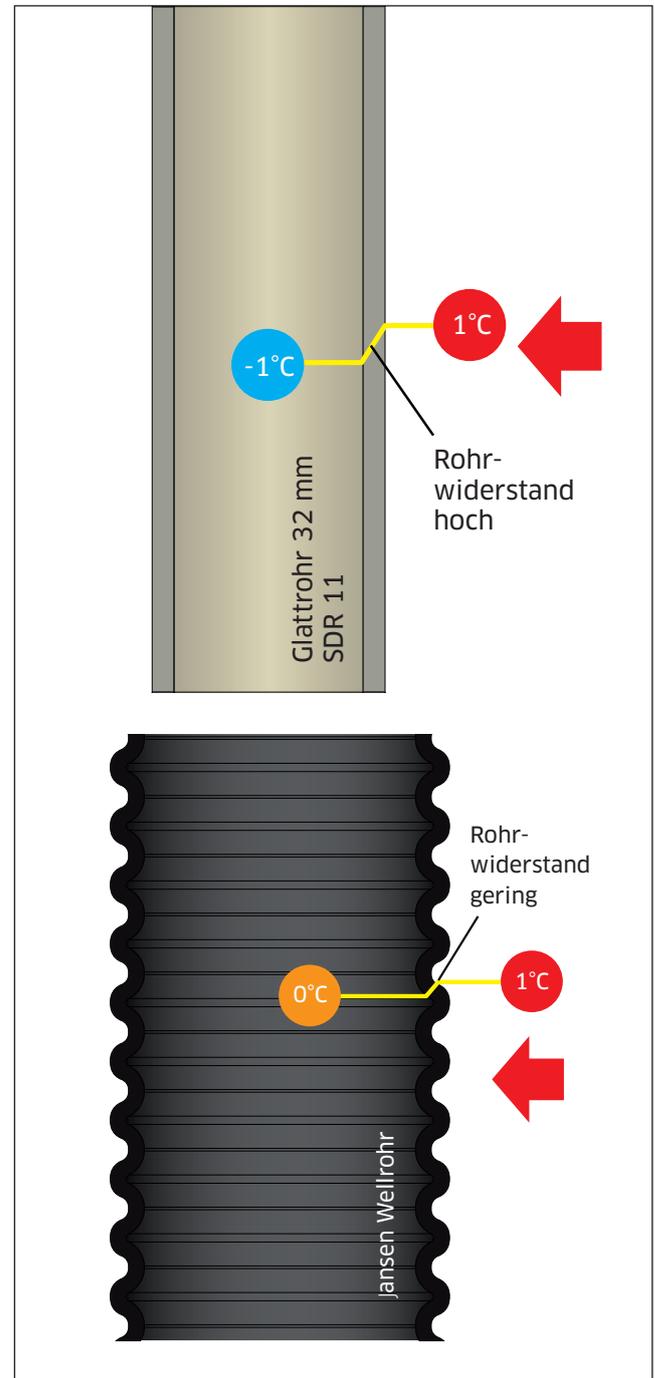
Das heisst: Das Jansen Wellrohr nutzt das vorhandene Energiereservoir des Erdreiches wesentlich effizienter und besser. Dreht man diese Gleichung um, so kann man auch sagen: Das Jansen Wellrohr kommt mit einer geringeren Temperaturdifferenz aus, um dieselbe Leistung zu erzielen: Die Temperatur im Erdreich bleibt höher.

Labormessungen

Auch Tests im Wasserbad zeigen das bessere Leistungsverhalten des Jansen Wellrohres im Vergleich zu herkömmlichen Glattrohren auf:

Rohrtyp	Entzugsleistung im Wasserbad (rohrlängenbezogen) in W/m
Glattrohr 32 mm	28,72
Glattrohr 40 mm	46,00
Jansen Wellrohr 63 mm	59,45

Diese Laborwerte dienen zum Vergleich und dürfen nicht für die Auslegung von Erdwärmeanlagen herangezogen werden. Hinweis: Konvektionsverhalten im Wasser.



Durch den geringeren Widerstand des Jansen Wellrohres bleibt das Erdreich bei höherer Rohrleistung auf demselben Temperaturniveau. Berechnet nach Fourier mit ~ 25 W/m.

Beispiel aus der Praxis

Optimal genutzte Synergien im Boden

Das EFH Toggwilerweg liegt abseits vom Gemeindezentrum Meilen am Pfannenstiel-Südhang mit schönem Blick auf den Zürichsee. Die Heizung des auf 600 m Seehöhe gelegenen und ganzjährig bewohnten Hauses wurde 1996 zum letzten Mal saniert. Die ökologischen Standards haben die in die Jahre gekommene Heizungsanlage mittlerweile überholt und machen ein neues, zuverlässiges System notwendig.

Im Zuge der Heizungssanierung wurde das Haus auch an das Trink- und Abwassersystem der Gemeinde angeschlossen. Die Distanz zum Anschlusspunkt – zirka 450 Meter quer über Landwirtschaftsland den Hang hinauf – legte nahe, den zu erstellenden Graben auch für die Aufnahme eines Erdkollektors und eines Leerrohres für einen Lichtwellenleiter zu nutzen. So entschied sich der für das Energiekonzept Verantwortliche der EP3 AG für eine Heizungsanlage bestehend aus einer Wellrohr-Grabenkollektoranlage als Wärmequelle und einer Wärmepumpe mit einer Heizleistung von 11 kW. Die fachgerechte thermische und hydraulische Auslegung des Kollektors übernahm die Firma Huber Energietechnik.

Leitungsverlegung mit Hochgeschwindigkeit

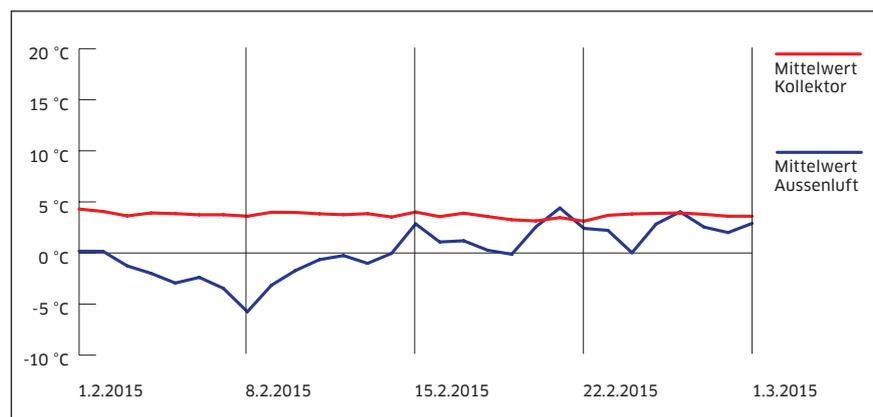
Bis zum Anschlusspunkt mussten die Leitungen für Trinkwasser, Abwasser und Telekommunikation 50 Höhenmeter und eine Neigung von bis zu 50 Prozent überwinden. Die Planung des Leitungsverlaufes durch die bewirtschafteten Wiesen inklusive Waldstück führte die OGB Bauingenieure AG durch mit dem Ziel einer möglichst einfachen, schnellen und zugleich schonenden Verlegung in einer ausreichenden Tiefe von zirka 1,2 Meter. Ein Grabenpflug der Firma

Zemp Leitungs- & Tiefbau GmbH machte dies möglich. Dank der innovativen Einbaumethode des Einpflügens von Leitungen nahmen die Verlegearbeiten lediglich drei Tage in Anspruch. Auch die gute Baustellenplanung, die Kompetenz des ausführenden Tiefbauunternehmens und nicht zuletzt die flexible Wellrohrtechnologie der verwendeten Jansen Erdwärmelösung haben zum Erfolg beigetragen.

Erdwärme ist Wohlfühlwärme

Die neue Heizungsanlage wurde Ende 2014 mit Beginn der Heizsaison in Betrieb genommen. Die Wärmepumpe ist mit einer Fernregeltechnik ausgestattet, die den Betriebszustand laufend überwacht. Alle wichtigen Kennwerte stehen auf diese Weise online zur Verfügung, sodass bei

Bedarf Anpassungen an der Anlage vorgenommen werden können. Die Leistung des Erdwärmekollektors erfüllt die Erwartungen in höchstem Masse: Im Februar, einer Zeit mit meist starker thermischer Belastung nach bereits langer Heizdauer, lieferte das System im Schnitt eine beachtliche Soletemperatur von über $+3^{\circ}\text{C}$ (siehe Abb.). Auch in Kälteperioden mit Aussentemperaturen von -5°C und darunter lag die Soletemperatur – bei gleichzeitiger Nutzung des System zur Warmwasserbereitung – nie unter $+1,8^{\circ}\text{C}$. Damit bestätigt sich, dass Erdwärme auch in geringen Tiefen und für ältere Gebäude mit gleichzeitiger Warmwasserbereitung effizient nutzbar gemacht werden kann. Und das Wichtigste: Die Hausbewohner fühlen sich wohl.



Daten Altbau

Referenz/Standort:

Einfamilienhaus, 8706 Meilen

Produkte/Systeme:

JANSEN powerwave Grabenkollektor
2-fach Wellrohr-Grabenkollektoranlage
mit 450 m Länge

Wärmepumpe mit 11 kW Heizleistung
für Heizung und Warmwasser

Projektierung & Ausführung:

Energiekonzept: Thomas Roth, EP3 AG,
8707 Uetikon am See

Ingenieur Tiefbau: Roman Ritter,
OGB Bauingenieure AG, 8706 Meilen

Unternehmer: Zemp Leitungs- &
Tiefbau GmbH, 6192 Wiggen

Thermische & hydraulische Auslegung:
Arthur Huber, Huber Energietechnik,
8032 Zürich



Statement Energietechnikplaner

Thomas Roth, EP3 AG:

«Ich habe den Anspruch, für meine Kunden optimale – d. h. wirtschaftliche, effiziente und nachhaltige – Lösungen basierend auf erneuerbaren Energieträgern zu entwickeln. Bei diesem Projekt liessen sich die drei Prinzipien ideal unter einen Hut bringen, indem der Werkleitungsgraben auch für den Erdkollektor genutzt werden konnte. Ohnehin erforderliche Arbeiten konnten mit einem zusätzlichen Nutzen verbunden werden – und das umweltschonend und leistbar. Dabei war auch die Zusammenarbeit mit dem technischen Support der Firma Jansen sehr wichtig und äusserst angenehm.»



Statement fachliche Bauleitung

Dani Emmenegger, Zemp Leitungs- & Tiefbau GmbH:

«Spezielle Anforderungen im Leitungsbau, bei denen unsere Pflüg- und Horizontalbohranlagen zum Einsatz kommen, sind unser tägliches Geschäft. Doch mit den Einbauarbeiten gleichzeitig auch Erdwärme nutzbar zu machen, war für uns eine neue Idee. Der Einbau des Jansen Wellrohres mit 63 mm Aussendurchmesser verlief schnell und unkompliziert. Wir hoffen, dass zukünftig öfters an diese Lösung gedacht wird.»

Statement Fachplaner

Arthur Huber, Huber Energietechnik:

«Geothermische Lösungen mit Wärmepumpen funktionieren nur wie gewünscht, wenn die Komponenten richtig ausgelegt, hydraulisch korrekt eingebunden und steuerungstechnisch optimal betrieben und bedient werden können. Dabei war für uns wichtig, dass wir uns auf das neuartige Produkt der Herstellerfirma Jansen verlassen können. So konnten wir ein innovatives Produkt in eine funktionierende Lösung umsetzen.»



Jansen AG

Plastic Solutions
Industriestrasse 34
9463 Oberriet
Schweiz
jansen.com

JANSEN
Configure to Inspire