

ERDWÄRMESONDEN



Mit zum Teil sprunghaften Preisanstiegen bei herkömmlichen Brennstoffen gewinnen die sogenannten regenerativen Energieträger zunehmend an Bedeutung. Verfügbar sind heute vor allem Geothermie, Solarenergie, Photovoltaik und Biomasseverwertung. Die Geothermie genießt dabei eine herausragende Sonderstellung. Sie ist bei richtiger Auslegung der Anlagenteile in höchstem Maße umweltverträglich, ständig verfügbar und nach menschlichen Maßstäben unerschöpflich. Oberflächennahe Geothermie-Systeme mit einer oder mehreren vertikalen Bohrungen werden überwiegend mit »Erdwärmesonden« ausgerüstet, welche die Wärme im Untergrund nutzen.

Die Erdwärmesonde ist ein vertikaler Erdreichwärmeüberträger und Bestandteil eines geschlossenen Solekreislaufes, über welchen eine Wärmepumpe betrieben wird. Sie entzieht dem Erdreich bzw. dem Grundwasser über den Solekreislauf eine konstante Wärme und leitet diese dann an das Heizsystem im Gebäude weiter. Aus 1 kW/h elektrischer Energie können bis zu 5 kW/h Nutzenergie gewonnen werden. Die Leistung der Wärmepumpe muss dabei den Anforderungen des Gebäudes und der Nutzer angepasst werden.

Erdwärmesonden werden je nach Wärmebedarf und geologischen Verhältnissen in Tiefen von 20 bis über 300 m eingebaut.

Hydropipe

Vertriebsgesellschaft m.b.H.

Büro & Verwaltung / Headoffice
5082 Grödig • Oberfeldstraße 4

Zentrallager / Distributioncenter
5412 Puch • Riesbachstraße 769

Tel. +43(0) 62 46 / 744 31-0 • Fax +43(0) 62 46 / 744 31-17 • office@hydropipe.at • www.hydropipe.at

Einleitung

Die Sonden bestehen in der Regel aus einem PEHD-Sondenfuß mit Anschluss für vier PEHD-Rohre. Die Sonde wird in die Erdwärmehochbohrung eingebracht und anschließend mit einer Suspension, bestehend aus Tonmineralien, Hochofenzement, Quarzmehl und Wasser, verpresst.

Diese Verpressung muss nach Aushärtung eine dauerhafte, dichte und statisch einwandfreie Einbindung der Erdwärmesonde in den umgebenden Bodenbereich gewährleisten. Gleichzeitig soll ein guter Wärmeübergang erzielt werden.

Im Betriebszustand strömt die Sole durch die beiden Vorlaufrohre nach unten, wird im Sondenfuß umgelenkt und fließt über die Rücklaufrohre und den Rücklaufverteiler zur Wärmepumpe zurück.

Eine nur geringe Differenz von ca. 5° C zwischen der Vorlauf- (10° C) und Rücklauftemperatur (5° C) wird genutzt, um die dem Boden entzogene Wärme mittels Wärmepumpe auf ein Temperaturniveau von ca. 35° C für eine Fußbodenheizung oder ca. 65° C für Brauchwasser anzuheben.

Die Wärmepumpe arbeitet nach dem Verdichter- / Verdampfer-Prinzip, welches von Kühlgeräten her bekannt ist (siehe Bild unten - »Funktion Wärmepumpe«).

Sondenprotector

mit integriertem Gewicht (patentiert)



max. A Ø 98 mm
bei 32er Sonde
max. A Ø 116 mm
bei 40er Sonde

Die Sole als Wärmeträger besteht im wesentlichen aus Wasser und einem bis zu 33 % zugesetzten Frostschutzmittel (z.B. Ethylenglykol).



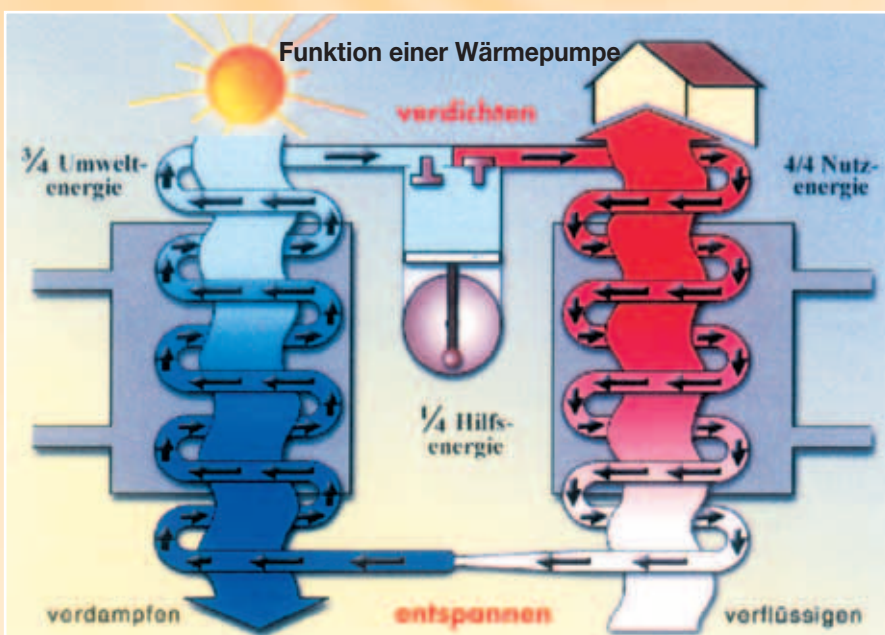
PE 100 RC Sondenfuß

Die üblicherweise verwendete Erdwärmesondenkonstruktion besteht aus:

- einem **Erdwärmesondenfuß**, in den meisten Fällen mit einer Vorrichtung zur Befestigung von Gewichten als Einbauhilfe
- aus vier **Rohren der Rohrreihe SDR 11** (Verhältnis von Außendurchmesser zu Wandstärke) aus **PE 100 RC**, je nach Einbautiefe der Erdwärmesonde in den Rohraußendurchmessern 25, 32 und 40 mm
- aus einem **Erdwärmesondenkopf** oder Verbindungsteil der vertikalen Rohre zu den horizontalen Zuleitungsrohren zum Verteiler oder direkt zur Wärmepumpe



mit Querriegel zum Einbau mittels Gestänge



Auslegung einer Erdwärmesonden-Anlage

In der Geologie bedeutet »Oberflächennah« der Bereich von der Erdoberfläche bis in wenige hundert Meter Tiefe. Dies ist der Bereich, der mit Erdwärmekollektoren, Energiepfählen und Erdwärmesonden erschlossen werden kann. Die Abbildung unten zeigt das Temperaturniveau bis 20 m Tiefe. Demnach herrschen in 1,2 - 1,5 m Tiefe im Jahresverlauf zwischen 7° C und 13° C, in ca. 18 m Tiefe ganzjährig etwa 10° C. In der Regel steigt diese Temperatur je 100 m um 2 - 3° C an.

Monate zum Diagramm unten:

- Linie 1 = 1. Februar
- Linie 2 = 1. Mai
- Linie 3 = 1. November
- Linie 4 = 1. August

Bei der Bemessung einer geothermischen Anlage muss zwischen der Wärmeleistung und der jährlich möglichen Wärmearbeit unterschieden werden. Aufgrund der auf ca. 1-3 W/mK begrenzten Wärmeleitfähigkeit des Bodens kann eine Erdwärmennutzungsanlage nur kurze Zeit mit großen Entzugsleistungen betrieben



werden, wobei die Umgebung der Rohre bzw. Sonden als Wärmepuffer genutzt wird, welcher über den geothermischen Wärmestrom aus dem Erdinneren, der bei lediglich 0,015 bis 0,1 W/m*K liegt, zeitversetzt regeneriert wird. Bei kleineren Anlagen bis zu einer thermischen Leistung von 30 kW gibt die VDI Richtlinie 4640 einfache Bemessungsregeln vor. Für größere Anlagen rentiert sich eine genauere Berechnung auf Grundlage

eines aufzunehmenden Bodengutachtens.

Bei erdgekoppelten Wärmepumpen mit Erdwärmesonden kann eine Unterdimensionierung im Volllastbetrieb kurzfristig sehr niedrige Wärmequellentemperaturen bis an die untere Einsatzgrenze der Wärmepumpe zur Folge haben. Zusätzlich kann Unterdimensionierung langfristig zu von Heizperiode zu Heizperiode absinkenden Wärmequellentemperaturen führen, falls nicht für ausreichende zeitliche Regeneration gesorgt wird.

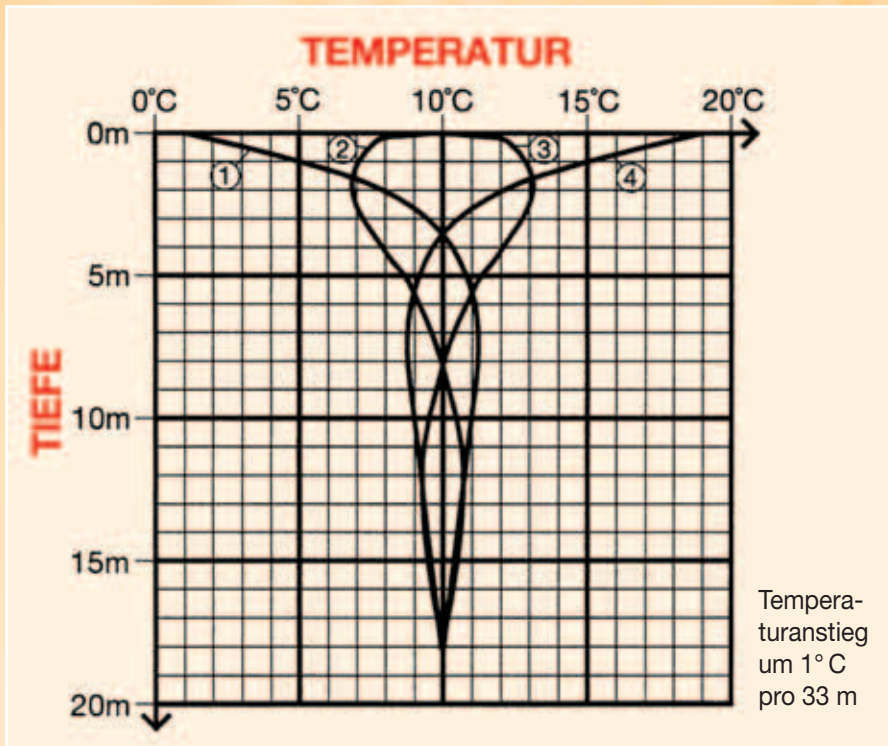
Ausgangspunkt für die Auswahl des Systems ist immer die Verdampferleistung, d. h. die dem Boden zu entziehende Wärme.

Bei der Planung muss die für den Standort günstigste Wärmequelle ausgewählt und das Heizsystem sowie die anderen Anlagenteile daran angepasst werden.

Die zwei häufigsten Systeme sind:

- horizontale Erdreichwärmeübertrager (Erdwärmekollektor) oder
- vertikale Erdreichwärmeübertrager (Erdwärmesonden)

Die Entscheidung für horizontale oder vertikale Erdreichwärmeübertrager wird durch die geologischen Standortbedingungen und den Platzbedarf oder durch bauliche Gegebenheiten festgelegt.



In 100 m Tiefe beträgt die Temperatur üblicherweise ca. 12° C, in 200 m Tiefe ca. 15° C. Dieses Temperaturniveau kann sehr effektiv mit Hilfe einer Wär-

mepumpe zu Heizzwecken oder mittels direkter Kühlung bzw. mit Hilfe einer Kältemaschine für Kühlzwecke verwendet werden.



Technische Daten

Eine einfache Berechnung der Erdwärmesondenlänge (m) ergibt sich aus der Verdampferleistung der Wärmepumpe (W) geteilt durch die spezifische Entzugsleistung der Sonde (W/m).

Bei der Auslegung von Sondenlänge und Sondenquerschnitt müssen ne-

ben den Daten der Wärmepumpe auch die zu erwartenden jährlichen Betriebsstunden (a) mit herangezogen werden.

Bei einem reinen Heizbetrieb ist von ca. 1.800 Betriebsstunden auszugehen. Sollte über die Wärmepumpe auch das Brauch-Warmwasser er-

zeugt werden, erhöht sich die Zahl der Betriebsstunden auf ca. 2.400 im Jahr.

Bei richtiger Auslegung nach diesen Kriterien handelt es sich beim Einsatz der Erdwärmesondenanlage um die effektive Nutzung von erneuerbarer Energie.

Betriebsstunden		1.800 h	2.400 h	Auslegungsbeispiel:
Untergrund	Wärmeleitfähigkeit	Vorgeschlagene Entzugsleistung		
Allg. Richtwerte: Schlechter Untergrund trockenes Sediment ($\lambda < 1,5$ W/mK)	< 1,5 W/mK	Watt pro Meter Sonde		Verdampferleistung 8.7 kW (8.700 W) Betriebsstunden: 2.400 h/a Sandstein daraus folgt: Entzugsleistung: 60 W/m (W = Watt, m = Meter) Daraus folgt die Sondenlänge = $\frac{\text{Verdampferleistung (W)}}{\text{Entzugsleistung (W/m)}}$ also 145 m.
		25	20	
Normaler Festgesteins-Untergrund und wassergesättigtes Sediment ($\lambda < 3,0$ W/mK)	1,5 - 3,0 W/mK	60	50	
Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit ($\lambda > 3,0$ W/mK)	> 3,0 W/mK	84	70	
Einzelne Gesteine:				
Kies, Sand, trocken		< 25	< 20	
Kies, Sand, wasserführend		65 - 80	55 - 85	
Bei starkem Grundwasserfluss in Kies und Sand, für Einzelanlagen		80 - 100	80 - 100	
Ton, Lehm, feucht		35 - 50	30 - 40	
Kalkstein (massiv)		55 - 70	45 - 60	
Sandstein		65 - 80	55 - 65	
saure Magmatite (z.B. Granit)		65 - 85	55 - 70	
basische Magmatite (z.B. Basalt)		40 - 65	35 - 55	
Gneis		70 - 85	60 - 70	
Die Werte sind abhängig von Geologie und gelten nur als Richtwerte.				

Druckhöhenverluste in PE-Kunststoffrohren

Durchflussmenge			Strömungsgeschwindigkeit des Wassers in m/s für ausgewählte Rohrdurchmesser			Druckhöhenverluste in Metern je 100 m gerader Rohrleitung für ausgewählte Rohrdurchmesser		
m ³ /h	L/min	L/sec	da = 25,0 mm di = 20,4 mm	da = 32,0 mm di = 26,2 mm	da = 40,0 mm di = 32,6 mm	da = 25,0 mm di = 20,4 mm	da = 32,0 mm di = 26,2 mm	da = 40,0 mm di = 32,6 mm
0,6	10	0,17	0,49	0,30	0,19	1,80	0,66	0,27
0,9	15	0,25	0,76	0,46	0,30	4,00	1,14	0,60
1,2	20	0,33	1,00	0,61	0,39	6,40	2,20	0,90
1,5	25	0,33	1,30	0,78	0,50	10,00	3,50	1,40
1,8	30	0,50	1,53	0,93	0,60	13,00	4,60	1,90
2,1	35	0,58	1,77	1,08	0,69	16,00	6,00	2,00
2,4	40	0,67	2,05	1,24	0,80	22,00	7,50	3,30
3,0	50	0,83	2,54	1,54	0,99	37,00	11,00	4,80
3,6	60	1,00	3,06	1,85	1,20	43,00	15,00	6,50
4,2	70	1,12	3,43	2,08	1,34	50,00	18,00	8,00
4,8	80	1,33		2,17	1,59		25,00	10,50
5,4	90	1,50		2,75	1,80		30,00	12,00
6,0	100	1,67		3,03	2,00		39,00	16,00
7,5	125	2,08		3,78	2,49		50,00	24,00
9,0	150	2,50			3,00			33,00
10,5	175	2,92			3,50			38,00
12,0	200	3,33			3,99			50,00

Einbau

- Ringbunde vor dem Einbringen auf Beschädigungen kontrollieren

Bevor die Sonden in das Bohrloch geschoben werden, sollten diese auf eventuelle Beschädigungen, die beim Transport entstanden sind, untersucht werden. Eine Druckprüfung ist empfehlenswert.



Um das Einbringen der Sonde zu erleichtern wird empfohlen, die Sonden mit Wasser zu füllen.

Mit dem Sondengewicht wird das Einbringen der Sonde zusätzlich erleichtert.

Bei trockenen Bohrlöchern ist die Sonde spätestens vor dem Verpressen des Bohrloches mit Wasser zu füllen, um ein Aufschwimmen zu verhindern. Der/das Injektionsschlauch/Gestänge wird zusammen mit der Sonde in das Bohrloch eingebracht. In der Regel wird die Sonde über eine Abrollvorrichtung, die an dem Bohrturm befestigt ist, in das Bohrloch geschoben. Nachdem die Sonde eingebracht ist,



wird eine Durchfluss- und Druckprüfung empfohlen.

Der Ringraum zwischen Bohrlochwand und Sonde muss vollständig und lückenlos verfüllt werden, um den Wärmetransport zwischen dem Gestein und der Sonde zu gewährleisten.



Die Verfüllung des Verpressungsmittels erfolgt über das bereits eingebaute Injektionsgestänge bzw. den Injektionsschlauch, welches/welcher nach Abschluss der Verfüllung/Verpressung problemlos wieder gezogen werden kann. Schließlich erfolgt die Befüllung der Erdwärmesondenanlage mit dem Wasser-Frostschutz-Gemisch (Sole) als Wärmeträgermedium. Dabei sollte ein Mischungsverhältnis mit einer Frostsicherheit bis -20°C gewählt werden. Vor Inbetriebnahme ist das Gesamtsystem einer Druckprobe mit dem 1,5-fachen Betriebsdruck zu unterziehen. Mit einem abschließenden »Response-Test« über die gesamte Sonden-



länge kann die geplante Leistung und die Qualität der eingebauten Erdwärmesonde überprüft werden.

Die Verbindungsleitungen werden in 1,2 - 1,5 m Tiefe im frostfreien Bereich zum Haus geführt. Im Winter, wenn die meiste Wärme benötigt wird, kann der Einfluss, den die Um-



gebungskälte auf die Verbindungsleitungen ausübt, zu einer stetigen Abkühlung des Erdwärmekreises führen. Aus diesem Grund sind möglichst tief liegende Leitungen und Anschlüsse zu empfehlen.

Bei mehreren Sonden, insbesondere mit unterschiedlichen Längen, fließt die Wärmeträgerflüssigkeit bevorzugt durch die Sonde mit dem geringsten Rohrreibungswiderstand. Die weiteren Sonden werden weniger durchströmt als erforderlich, was zu einem geringeren Wärmeentzug führt. Die Gleichmäßigkeit der einzelnen Volumenströme kann durch geeignete Regelorgane erreicht werden.



Verpressmittel

Gegenüberstellung von selbst-gemischtem Bentonit-Zement-Wasser-Gemisch und Calidutherm®

Bei der Verpressung von Erdwärmesonden mit herkömmlichen Materialien auf Bentonitbasis treten Probleme auf, die die Qualität der Verpressung und die Effizienz der Erdwärmesonde über die Nutzungsdauer deutlich herabsetzen.

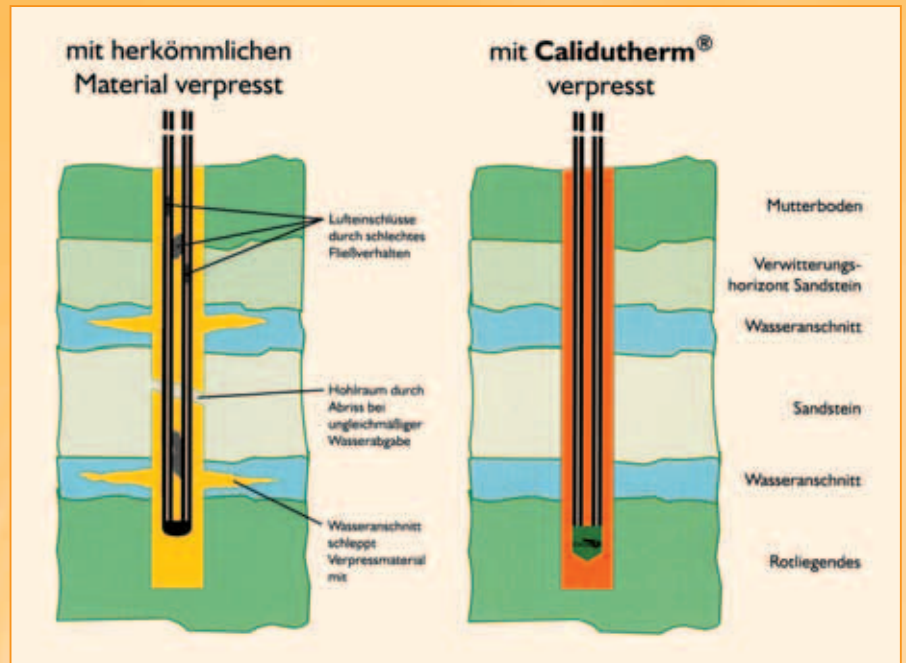
Die Ursachen dafür sind:

Durch das enorme Quellvermögen von Bentonit werden temporär große Mengen an Wasser physikalisch eingelagert. Während der Nutzungsdauer der Erdwärmesonde kann es in Folge von Wasserabgabe (Aus-trocknen der umgebenden Geologie, Wasserentzug durch Kapillarwirkung der anstehenden Sedimente) zur Schrumpfung des Bentonits in der verpressten Ummantelung der Sonde kommen. Die sich bildenden Hohlräume führen zu einer großflächigen Unterbrechung der Kontaktzone zwischen Verpressmaterial und Geologie. Luft, die sich in diesen Hohlräumen befindet, hat gegenüber dem Verpressmaterial und den anstehenden Gesteinsschichten eine um den Faktor 100 geringere Wärmeleitfähigkeit. Es kommt somit an diesen Störstellen zur Unterbrechung der Wärmeleitung (Isolation), der thermische Bohrlochwiderstand der Erdwärmesonde nimmt dadurch zu!

Eine Verringerung der angekoppelten (für die Wärmeleitung zur Verfügung stehenden Fläche) um 50 % sind vorstellbar.

Durch sich bildende Risse und miteinander verbundene Hohlräume ist es möglich, dass sich ursprünglich voneinander gesperrte Grundwasser-schichten wieder vermischen. Durch schwankende Zusammenset-

zung des Verpressmaterials bei Mischung auf der Baustelle kann keine konstant gleich bleibende Qualität bzgl. der rheologischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften erwartet und vorausgesetzt werden.



Calidutherm® besitzt auf Grund eines speziell ausgewählten Tonmineralgemisches kein reversibles Quellvermögen. Es können sich keine Hohlräume durch Abgabe von Wasser bilden. Das Verpressmaterial bleibt deshalb über die gesamte Betriebsdauer vollständig an die umgebende Geologie angekoppelt, eine Zunahme des thermischen Bohrlochwiderstandes erfolgt nicht.

Calidutherm® bietet deshalb auch einen beständigen Schutz gegenüber der Vermischung von Grundwasserhorizonten.

Calidutherm® wird in einem Mischwerk vorgemischt und in 25-kg-Papiersäcken anwendungsfertig ausgeliefert. So werden konstante rheologische und thermische Eigenschaften gewährleistet. Die statische Sicherheit der Erdwärmesonde ist vollständig gegeben durch eine ausreichende Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit.



RAUGEO ERDWÄRMESONDEN für die Kraft aus der Tiefe

MIT 10-JAHRES-GARANTIE



REHAU®

Unlimited Polymer Solutions

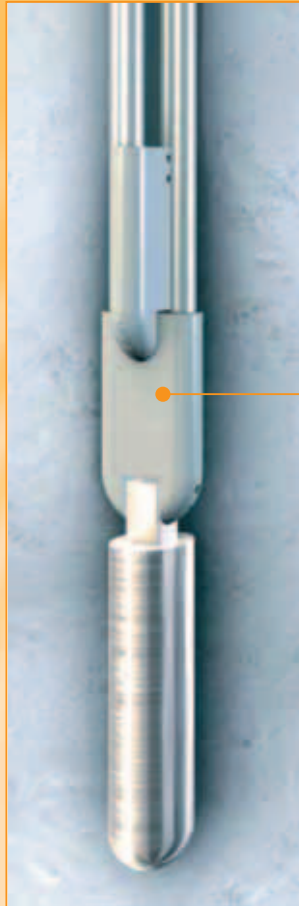
RAUGEO Sonde PE-Xa

Erdwärme fürs Leben. Garantiert.

Für Anforderungen an maximale Sicherheit sowohl beim Einbringen in das Bohrloch als auch im langfristigen Betrieb bietet **REHAU die RAUGEO Sonde PE-Xa - mit einer einzigartigen Garantie von 10 Jahren!**

Die Besonderheit dieser Doppel-U-Sonde ist, dass sie als einzige Erdwärmesonde **komplett ohne Schweißverbindung** am Sondenfuß auskommt.

Vor- und Rücklauf der RAUGEO Sonde PE-Xa bestehen aus einer durchgängigen Leitung, die am Sondenfuß durch ein spezielles Herstellungsverfahren gebogen ist und zum zusätzlichen Schutz in glasfaserverstärktes Polyesterharz eingegossen ist. Das Risiko einer undichten Schweißverbindung ist damit vollständig ausgeschlossen - und **höchste Sicherheit am tiefsten Punkt der Sonde garantiert!**



Darüber hinaus ist die Mediumleitung aufgrund ihrer besonderen Materialeigenschaften **hochresistent gegenüber Kerben, Riefen und Punktlasten.**



Vorteile der RAUGEO Sonde PE-Xa:

- 10 Jahre Garantie
- Keine Gefahr von Undichtigkeiten an Schweißstellen oder anderen Verbindungsteilen
- Dauerhafte Sicherheit, da PE-Xa-Rohre hochresistent gegen Kerben, Riefen und Punktlasten sind

SONDENFUSS FÜR ERDWÄRMESONDEN

RAUGEO Sonde PE-RC



- Doppel-U-Sonde aus PE-100 RC
- UV stabilisiert, Farbe Schwarz (RAL9004)
- SDR 11 werkgeprüft mit Prüfzeugnis
- Fertigung gemäß DVS Richtlinien
- Güteüberwachung in Anlehnung an SKZ HR 3.26 A485
- Betriebstemperatur: - 20 bis + 30° C
- max. Betriebsdruck 16 bar (C = 1,25)

Hydropipe

ERDWÄRMESONDEN aus PE 100 RC

resistance to crack = rissunempfindlich

und SONDENPROTECTOR

mit integriertem Gewicht, wahlweise 12,5 kg oder 25 kg (patentiert)

Sondenfuß für Erdwärmesonden

Die am höchsten belastete Komponente einer Erdwärmesonde ist die Umlenkung am Sondenfuß. Hier werden die Kräfte z.B. durch Schubgestänge oder Gewichte eingebracht. Die dortigen Rohre und/oder Formteile sind, ohne Schutzmantel oder sonstiger Schutzvorrichtung, der mechanischen Beanspruchung (z.B. durch Steine, Klüfte o. ä.) beim Einbringen der Sonde in das Bohrloch direkt ausgesetzt und im Bohrloch besteht nicht mehr die Möglichkeit, eventuelle Beschädigungen am eingebrachten Rohrsystem festzustellen. Diese Schäden können zu späteren Ausfällen führen, auch wenn die Druckprobe ordnungsgemäß und positiv durchgeführt wurde, da man bei PE-Werkstoffen ein Kurzzeitverhalten und ein Langzeitverhalten feststellen kann.

Die PE100 RC Sonde ist eine Doppel-U-Erdwärmesonde, die aus zwei U-förmigen Sonden aus PE 100 RC besteht, die jeweils am Sondenfuß mittels eines U-förmigen Verbindungsteils werksgeschweißt verbunden sind.

Die Fertigung der PE100 RC Sonden und der Sondenfüße erfolgt gemäß SKZ Prüf- und Überwachungsbestimmungen HR 3.26. Damit beträgt deren Lebenserwartung mindestens 100 Jahre bei einer Druckbeaufschlagung von 16 bar bei Betriebstemperaturen von max. 15° C.



Die PE 100 RC Sonde bietet folgende für die Praxis wichtigen Vorteile:

- extrem kleiner Bohrlochdurchmesser
- nur zwei Schweißverbindungen pro Sondenfuß
- mit Gewicht einfaches Zusammenschrauben der beiden Sondenteile und Fixierung zu einer Einheit
- Sondenrohre sind geeignet für Stumpf- und Heizelementmuffenschweißung, Elektroschweißmuffe.



Hydropipe

Vertriebsgesellschaft m.b.H.

Büro & Verwaltung / Headoffice
5082 Grödig • Oberfeldstraße 4

Zentrallager / Distributioncenter
5412 Puch • Riesbachstraße 769

Tel. +43 (0) 62 46 / 744 31-0 • Fax +43 (0) 62 46 / 744 31-17 • office@hydropipe.at • www.hydropipe.at