

## **Qualitätssicherung von kompletten Erdwärmesystemen**

**Alfons Ebnöther, HakaGerodur AG**

**Achim Schröter, HakaGerodur AG**

### **Zusammenfassung**

Die Eigentümer von Erdwärmesystemen sollen von dieser Investition ein Leben lang profitieren und von der Nutzung der oberflächennahen Geothermie nachhaltig begeistert sein. Eine umfassende Qualitätssicherung von kompletten Erdwärmesystemen ist die Basis für eine nachhaltig gut funktionierende Anlage. Insbesondere zu beachten sind die Erdwärmesonden, welche im System besonderen Belastungen ausgesetzt sind und weil nachträglich kein Zugang mehr besteht. Dadurch sind die Anforderungen an die Qualität besonders hoch einzustufen. Es ist der richtige Werkstoff auszuwählen, und der Herstellprozess muss lückenlos überprüft und dokumentiert sein. Einbau, Anbindung und Inbetriebnahme müssen fachgerecht und unter Berücksichtigung der Anlagenparameter erfolgen.

### **1. Einleitung**

Die Nutzung der oberflächennahen Geothermie (Erdwärme, resp. Erdkühle) wird hauptsächlich durch geschlossene und wartungsfreie Erdwärmesonden, Erdreichkollektoren und Energiepfähle realisiert. Die angeschlossene Wärmepumpe sorgt dafür, die benötigten Temperaturniveaus für Heizung- und Kühlung sowie für die Warmwassererzeugung zu erzeugen.

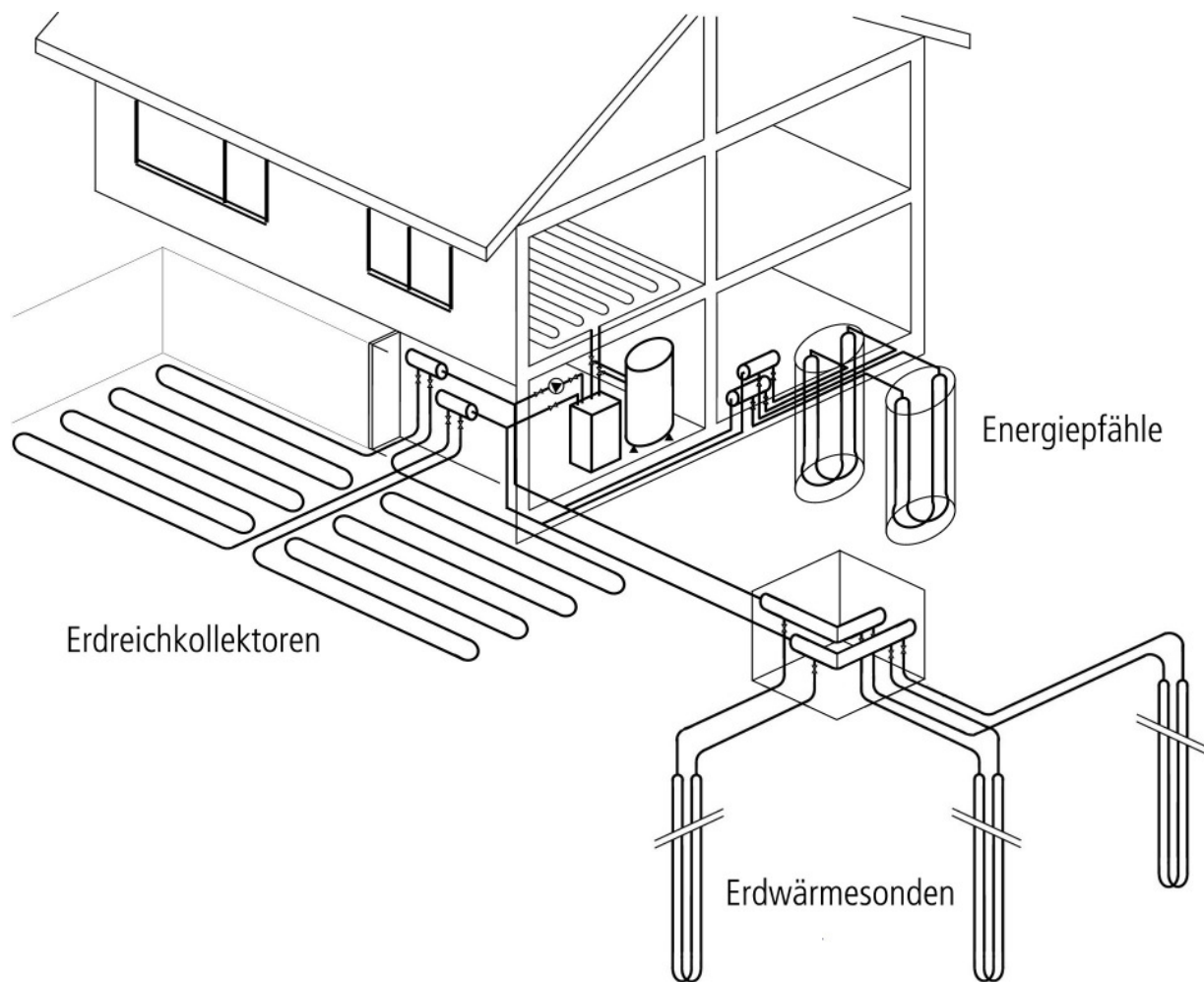
Der Wärmetransport erfolgt mit einem flüssigen Wärmeträger, z.B. ein Wasser/Glykol-Gemisch (Sole), welches durch das Rohrsystem (Primärkreis) geleitet wird. Das System wird üblicherweise mit kleinen Temperaturdifferenzen von Vor- und Rücklauf (2 – 4°K), jedoch hohen Solemengen betrieben. Um die Jahresleistungszahl des Gesamtsystems hoch zu halten, ist das Einhalten von kleinen Durchflusswiderständen im gesamten System – also bei allen Systemkomponenten - unerlässlich.

### **2. Anforderungen an das System**

Die Anforderungen an das System sind anspruchsvoll, und es müssen die Qualitätsansprüche sowie die vielfältigen Lösungsmöglichkeiten von kleinen bis zu grossen Anlagen erfüllt werden können.

Das System soll im Einzelnen folgende Anforderungen erfüllen:

- lange Lebensdauer (100 Jahre bei 20 °C)
- korrosionssicher, da Erdverlegung
- optimale Sicherheit bezogen auf die Verschmutzung des Bodens (Trinkwasser)
- gute thermische Eigenschaften
- niedriger hydraulischer Widerstand
- kälte- und wärmebeständig sowie schlagfest
- gute Verarbeitungsmöglichkeiten (z.B. Verlängerung und Reparatur durch Schweissung)
- gute Montagemöglichkeiten (z.B. Baukastenprinzip)



### 3. Rohstoffauswahl Polyethylen

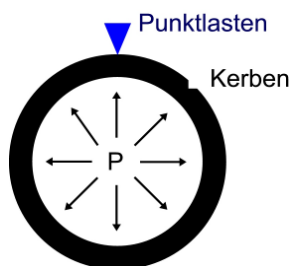
Seit 50 Jahren wird Polyethylen als Rohrwerkstoff im Trinkwasserbereich eingesetzt und dadurch ist ein hohes Mass an Erfahrungen vorhanden. Der heute eingesetzte Polyethylentyp PE 100 erlaubt eine Lebensdaueraussage laut gültigen ISO, EN und DIN Normen von 100 Jahren bei 20°C. Die Verbindungsverfahren, wie Stumpfschweissen und Heizwendelschweissen sind erprobt und brauchen keine Fremdwerkstoffe. Dichtungen oder Verschraubungen im Boden können durch ein stoffschlüssiges PE-100 System vermieden werden. Für den Transport können die verschiedenen Sondenlängen aufgerollt und auf der Baustelle einfach verlegt werden. Die Flexibilität und die Schlagfestigkeit des Werkstoffes lassen einen problemlosen Einbau der Bauteile auch bei extremen Temperaturen zu.

Das Polyethylen weist gegenüber anderen Rohrwerkstoffen ein optimales Preis-/Leistungsverhältnis sowie eine äusserst interessante Ökobilanz auf.

### 3. 1 Werkstoff PE 100-RC

In den letzten Jahren wurde eine neue Generation des PE 100 entwickelt – das PE 100-RC (**R**esistance to **C**rack). PE 100-RC erweitert das bewährte PE 100 um die optimierten Eigenschaften bezüglich Widerstand gegen langsame Rissausbreitung und Punktlastbeständigkeit.

PE 100-RC Werkstoffe werden bereits seit einigen Jahren in Rohrleitungen für den Tiefbau eingesetzt, wenn die Verlegung ohne Sandbett erfolgt. Die Anforderungen an diese Rohre sind in der PAS 1075<sup>1</sup>, Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken beschrieben.



Mögliche Beanspruchungen:  
 => Belastung durch Innendruck  
 => Kerben  
 => Punktlasten

#### **Druckbeständigkeit**

Die Druckbeständigkeit für PE 100-RC nach DIN 8075 beträgt 16 bar bei SDR 11 für Einsatztemperaturen von -20°C bis + 40°C mit einer Mindestlebensdauer von 100 Jahren bei 20°C. Dies sind die identischen Werte wie bei den PE 100 Werkstoffen.

#### **Spannungsrissebeständigkeit**

Beim Einbau verursachte Riefen und Kerben erhöhen das Risiko von Spannungsrisse. Rohre aus PE 100-RC zeichnen sich gegenüber herkömmlichen Werkstoffen durch einen wesentlich höheren Widerstand gegen Spannungsrisse aus.

#### **Punktlastbeständigkeit**

Rohre, die beispielsweise ohne Sandbett verlegt werden, können durch äussere Einflüsse, wie z.B. Auflage auf einem Stein, einer ungewöhnlich hohen lokalen Spannung, einer Punktlast, ausgesetzt sein. Die neue Werkstoffgeneration PE 100-RC kann grossen Punktlasten standhalten.

#### **Verschweissbarkeit**

PE 100-RC Werkstoffe können mit den bewährten Schweisstechniken, Stumpf- und Muffenschweissen, verarbeitet werden. Die Verwendung von handelsüblichen Elektroschweissmuffen ist ebenfalls sichergestellt. Es gelten die gleichen bekannten Parameter wie beim Werkstoff PE 100, und es können problemlos Verbindungen zwischen PE 100 und PE 100-RC Bauteilen hergestellt werden.

<sup>1</sup> PAS: öffentlich verfügbare Spezifikation (PAS = Publicly Available Specification) des DIN Deutschen Instituts für Normung

### **3.2 Werkstoffwahl**

Die zunehmend höheren Anforderungen an Kunststoffe führten zur Entwicklung von neuen Polyethylentypen, die auch in Erdwärmesystemen eingesetzt werden. Heute werden hauptsächlich noch Rohre aus PE 100 SDR 11 verwendet, wobei zunehmend die Rohrqualität PE 100-RC SDR 11 gefordert wird. Für höhere Einsatztemperaturen stehen spezielle Produkte aus PB, PE-RT oder PEX zur Verfügung.

HakaGerodur nutzt für seine GEROtherm Erdwärmesondenrohre jeweils den hochwertigsten Werkstoff. So wurde bereits in einem frühen Stadium – vor dem Jahr 2000 – nach entsprechenden internen Untersuchungen der Werkstoff PE 80 konsequent durch PE 100 ersetzt.

Ebenfalls wurde schon im dritten Quartal 2008 der Rohrwerkstoff PE 100 durch PE 100-RC ersetzt. Vor einer Umstellung wird der Werkstoff speziell für die Anwendung Geothermie auf Herz und Nieren geprüft. Der Kunde erhält den maximalen Nutzen.

### **4. Gütesicherung des Systems**

Durch eine konsequente Eigenüberwachung sowie durch die Fremdüberwachung wird eine gleichbleibende, garantierte Qualität erreicht. Das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum (SKZ) in D-Würzburg überwacht das Erdwärmesystem nach der aktuellen Richtlinie HR 3.26: 2009-01 und der entsprechenden Anlage „Systemfestlegung“. Damit ist das GEROtherm® Erdwärmesystem in der Gesamtheit geprüft und überwacht. Dies betrifft die komplett verschweisste Erdwärmesonde, die Verbindungselemente inklusive der Hosenstücke sowie die Soleverteiler.

Die Güteüberwachung bietet Gewähr, dass sämtliche Bauteile und Verbindungen den heute geltenden Normen und Vorschriften entsprechen.

Viele Anbieter prüfen nur wenige Bauteile nach der HR 3.26. Dies verringert zwar die Kosten der Prüfung, birgt jedoch das Risiko, dass einige Komponenten aus dem System nicht den gleich hohen Anforderungen entsprechen wie die geprüften Komponenten.. Vielfach werden nur Rohre oder nur Erdwärmesondenfüsse geprüft. Auch Anbindeleitungen, Hosenstücke und Verteiler müssen den Anforderungen gewappnet sein, und es empfiehlt sich hier ebenfalls die HR 3.26 anzusetzen.

Bei Verteilern ist zudem der Druckverlust von wesentlicher Bedeutung. Hier spielt zum Einen der Durchmesser des Hauptkörpers des Verteilers eine wesentliche Rolle. Jedoch kann auch an verschiedenen Stellen am Abgang ein wesentlicher Druckverlust – ein Nadelöhr – entstehen.

#### **4.1 Qualität in der Extrusionstechnik**

Als Ausgangswerkstoff (Granulat) wird ausschliesslich Neuware verwendet, die erst nach der erfolgreichen Eingangsprüfung verarbeitet wird. Es wird kein Kreislaufmaterial<sup>2</sup> beigemischt. Während des Extrusionsprozesses werden die relevanten Parameter (Durchmesser, Wandstärke, Oberflächenbeschaffenheit) kontinuierlich überwacht und bei Abweichung wird automatisch ausgesondert. Durch modernste Messtechnik erfolgt somit eine 100% Prüfung in der

---

<sup>2</sup> Als Kreislaufmaterial wird Material bezeichnet, das nach der Extrusion sofort im eigenen Betrieb gemahlen und dem gleichen Produkt wieder zugegeben wird.

Produktionslinie. Zusätzlich werden regelmässig Proben in Zeitstandsversuchen analysiert. Dabei wird Rohr und verschweisster Sondenfuss geprüft..

#### 4.2 Qualität in der Verbindungstechnik und Sondenfuss

Die Umlenkung am Fusse der Erdwärmesonde wird am stärksten belastet und deshalb ist die Qualitätssicherung für diesen Teil besonders wichtig. Der spritzgussgefertigte Sondenfuss ist deshalb stabiler konstruiert als die Rohre.. Die Schweissnaht wird computergesteuert nach DVS (Deutscher Verlag für Schweisstechnik) hergestellt und sie unterliegt einer 100% Kontrolle in der Produktionslinie. Alle Parameter werden dokumentiert und archiviert. Versuche im Zeitstand haben gezeigt, dass die Umlenkung (Sondenfuss und Schweissung) immer stärker ist als das Rohr.

Der GEROtherm® Erdwärmesondenfuss ist mit seinem Grunddesign seit 10 Jahren über 100'000 Mal im Einsatz. Er hat sich auch auf lange Frist bewährt. Mehrfach wurden Details an neuste Erkenntnisse angepasst und es wurden neuere und stärkere PE 100 Typen verwendet.



Quelle: HakaGerodur AG

Angeschweisster Sondenfuss mit Befestigungslaschen für das Gewicht

Schlanke Bauweise mit Diagonaldurchmesser von 90mm für Doppel-U 32 resp. 110mm für Doppel-U 40 Sonden

Zentrifix als Einbauhilfe beim Stossen

Durchflusswiderstand nach VDI 4640 erfüllt

### 4.3 Werkzeugnis / Rückverfolgbarkeit

Das Werkzeugnis nach EN 10204 2.2. ist an jedem einzelnen Fuss der Erdwärmesonde befestigt. Die witterungsbeständige Etikette enthält alle Informationen bezüglich Qualitätssicherung und erlaubt die Rückverfolgbarkeit. Die Rückverfolgbarkeit bietet die Möglichkeit einer lückenlosen Qualitätssicherung und umfasst, die Herkunft des Werkstoffs, die Verarbeitungsgeschichte des Produktes in Extrusion, Spritzguss und Schweissarbeit sowie die Verteilung und den Verbleib des Produktes nach seiner Auslieferung.

**GEROtherm** Giessenstrasse 3  
CH-8717 Benken SG  
www.hakagerodur.ch

P'Datum: **30.10.09** R'Paar: **0029**

Die Qualitätssicherung bestätigt ein Werkszeugnis nach EN 10204 2.2:  
Die Prüf- und Überwachungsbestimmungen nach HR 3.26 (SKZ) werden erfüllt und durch das Süddeutsche Kunststoffzentrum in Würzburg bestätigt. Die Anforderungen nach VDI 4640 für Druckverlust und Durchflusswerte werden erfüllt. (Dokument ohne Unterschrift, wird mit auftragsbezogener EDV erstellt.)

ID: **171435** Artikel: **06.6051**

**GEROtherm Erdwärmesonde PE-RC**

**L = 175m / PE100-RC / DE40mmx3.7**

  
171435;0029



Beispiel: Werkzeugnis für eine Doppel-U Sonde DE 40 mm, 175m, Rohrmaterial PE 100-RC

Dieses Werkzeugnis erfüllt die Forderungen der Wasserschutzbehörde als Nachweis für die Sondenqualität.

#### 4.4 Beschriftung

Die Erdwärmesonden haben eine abriebfeste Inkjet-Beschriftung mit den relevanten Produkt-Informationen sowie einer vorwärts- und rückwärts laufender Meter-Zählung. Diese Metrierung ist nützlich beim Einbau der Sonde, da die eingebaute und verbleibende Länge laufend ersichtlich ist. Sie vereinfacht desweiteren die Montage von Gewebepackern in einer definierten Einbautiefe.



Bis dato konnte die Metrierung entweder auf- oder absteigend erfolgen. Somit konnte entweder die Länge der Erdwärmesonde vor dem Einbau am Sondenfuss oder aber die Erdwärmesondenlänge nach dem Einbau ermittelt werden. Durch die Doppelmetrierung kann nun beides erfolgen. Zudem ist die ursprüngliche Rollenlänge nach dem Einbau immer ersichtlich – durch die Summenbildung der zwei Meterangaben.

#### 4.5 Verpackung und Transport

Für den Versand ist die Erdwärmesonde mit dem Injektionsrohr auf einer Palette eingestreckt. Die Folie dient als Indikator für Transportbeschädigungen. Der Sondenfuss ist zudem durch eine Kunststofftasche geschützt, und es ist an jedem Fuss ein Werkzeugnis befestigt.

Der Erdwärmesondenfuss ist geteilt ausgeführt. Dies ermöglicht auf der Baustelle die separate Vorbereitung der ‚Halbsonde‘. Somit müssen nicht 4 Ringbunde miteinander auf den Haspel aufgezogen werden, sondern dies erfolgt in zwei Schritten mit je einer halben Erdwärmesonde. Dafür sind jeweils zwei Rollen mit speziell strapazierfähigen grünen Bändern mehrfach abgebunden. Die Anzahl Bänder ist auf das Gewicht der Halbsonde ausgelegt. Somit kann die Halbsonde über ein Hebezeug an allen Bändern befestigt und anschliessend mit dem Kran abgehoben werden. Dem Arbeitsschutz auf der Baustelle ist damit auch bei langen Erdwärmesonden Rechnung getragen.

Das Zusammenführen der zwei Umlenkungen erfolgt über das GEROtherm® Gewicht. Die beigelegten Starlock-Ringe ermöglichen einen Zusammenbau in wenigen Sekunden. Diese schnelle Verbindung an das Gewicht hat sich über die letzten 10 Jahre tausendfach bewährt.



Versandbereite Erdwärmesonde mit Injektionsrohr auf Palette

Sondenfuß durch Kunststofftasche geschützt

Werkzeugnis an jedem Sondenfuß

Zusätzlicher Schutz durch Folie. Die Folie dient auch als Indikator für eine Transportbeschädigung.

Grüne Bänder fixieren die Halbsonde und ermöglichen das Anheben mit Hebezeug.

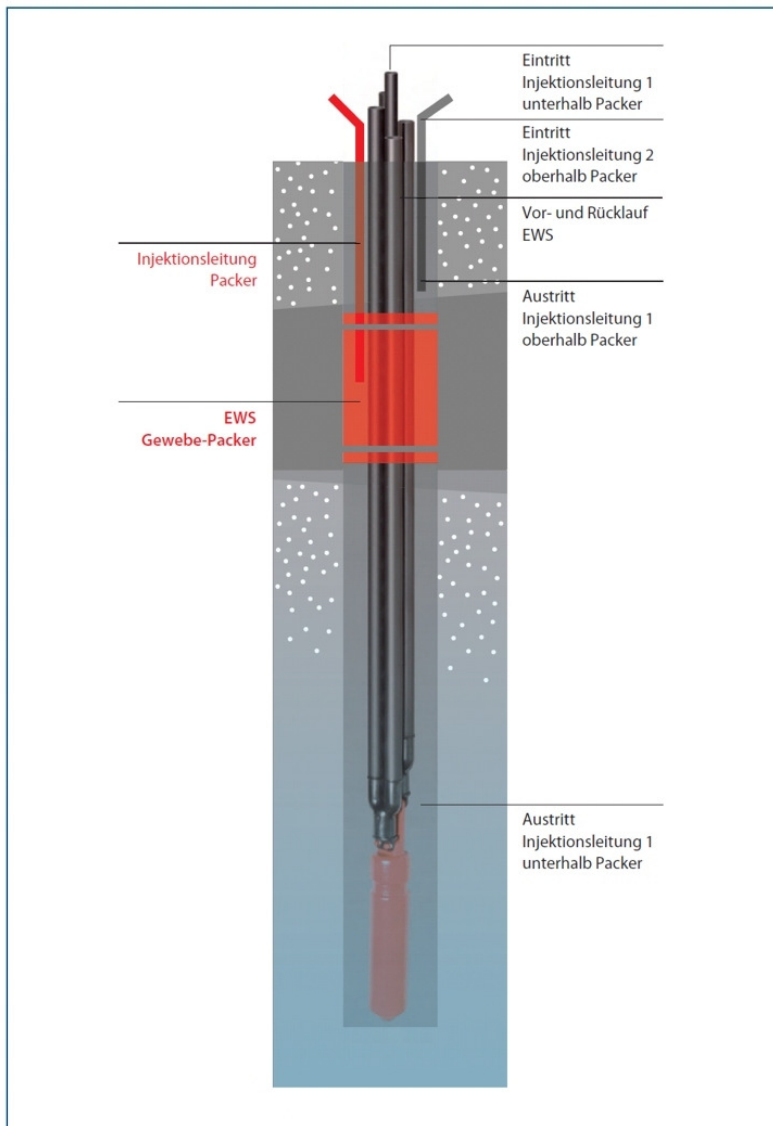
## 5. Einbau auf der Baustelle

Ein professioneller Einbau auf der Baustelle ist für die Qualität von kompletten Erdwärmesystemen ein wichtiger Aspekt. Zur Vermeidung von Schäden und zum zügigen Einbau werden entsprechende Einbauhilfen wie Haspel und Einbaugewichte empfohlen.

Für die Gewährung der Leistungsfähigkeit von Erdwärmsonden über die Lebensdauer, ist eine lückenlose Hinterfüllung sicherzustellen. Das Verfüllen des Bohrlochs hat grundsätzlich drei Aufgaben, die vollständige und dauerhafte Abdichtung, die Standfestigkeit, sowie eine hohe Wärmeleitfähigkeit zu gewährleisten.

## 5.1 **GEOtight®** Gewebepacker

Sollte aus geologischen Gründen eine komplette Hinterfüllung durch z.B. eine Kluft nicht möglich sein oder steht artesisches Wasser an, bietet sich der **GEOtight®** Gewebepacker an.



Bei Erdwärmesonden-Bohrungen können Grundwasser, gespanntes Wasser und Gas bisweilen zum Problem werden.

Der **GEOtight®** Gewebepacker ist hier die sichere und praktische Lösung – für ein dauerhaftes und sicheres Abdichten.

**GEOtight®** verfügt über ein einfaches, aber raffiniertes Prinzip. Ein Gewebeschlauch mit Zementfüllung, punktgenau eingesetzt, wirkt gezielt und dauerhaft gegen Grundwasserzirkulationen, Arteser und Gasaustritte. Gleichzeitig wird verhindert, dass verunreinigtes Oberflächenwasser in den Untergrund gelangen kann.

### Zertifikat

Zusätzliche Information und Sicherheit dank dem **Zertifikat** für den **GEOtight®** Gewebepacker

Als neue Dienstleistung kann für den **GEOtight®** Gewebepacker auf der Homepage von HakaGerodur ein Einbauzertifikat erstellt werden. Dabei wird zusammen mit der Gewebepackernummer, die Erdwärmesondenanlage mit den spezifischen Eigenschaften sowie die Bohrfirma registriert.

Mit diesem Zertifikat kann dem Bauherrn und der zuständigen Genehmigungsbehörde eine verlässliche Information zum eingebauten Produkt übergeben werden

## **6. Fazit**

Anlagen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie sind langfristige Investitionen. Mit einer umfassenden Qualitätssicherung kann ein hoher Gesamtwirkungsgrad und eine lange Lebensdauer erreicht werden. System-Zertifizierungen sind eine praktikable Möglichkeit, Gütesicherungen der Anlagen und deren Komponenten zu erreichen. Die technischen Entwicklungen ermöglichen laufend Verbesserungen, die zu berücksichtigen sind. Ein wichtiger Aspekt ist die richtige Wahl des geeigneten Kunststoffes. Der Werkstoff PE 100-RC eignet sich hervorragend für den Einsatz bei Erdwärmesondenrohren. Die wesentlich verbesserten Eigenschaften bezüglich Spannungsrissbeständigkeit und Punktlastbeständigkeit berücksichtigen auch widrige Baustellenverhältnisse und lassen die bewährte Schweisstechnik weiterhin unverändert zu. Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffes und das attraktive Preis-/ Leistungsverhältnis machen die neue Erdwärmesonden-Generation zu einer ‚runden Sache‘.

## **Quellenangaben**

Setter M., Ebnöther A.: Investitionssicherheit dank integraler Qualitätssicherung, *Tagungsband*, OTTI KOLLEG Fachforum: Oberflächennahe Geothermie 14./15. April 2005 in Schloss Spindlhof

Dipl.sc.nat., Geol. SIA Stefan Berli, Ing. FH Reinhard Pingel, Trennung von Grundwasserstockwerken und dauerhafte Abdichtung durch Erdwärmesonden-Gewebe packer, bbr 06/2008

## **Autoren:**

Alfons Ebnöther, Dipl. El.-Ing. HTL / Wirtschaftsingenieur STV  
HakaGerodur AG, CH-8717 Benken, a.ebnoether@hakagerodur.ch

Achim Schröter, Dipl. Ing. FH / Wirtschaftsingenieur EMBA  
HakaGerodur AG, CH-8717 Benken, a.schroeter@hakagerodur.ch