



Sicherstellung einer gleichbleibend hohen Qualität der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden ab Werk und Maßnahmen sowie Prozessvorgaben für eine qualitätssichernde Verarbeitung auf der Baustelle

geoKOAX®, ausgezeichnet mit dem Innovationspreis für Klima und Umwelt (IKU), setzt neue Standards – auch hinsichtlich der Verarbeitung

Die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde wurde mit dem Ziel entwickelt, eine flächendeckende Nutzung von Erdwärme zu ermöglichen. Durch ihre einzigartige Konzeption senkt sie nicht nur die Kosten bei der Erdwärmeerschließung; sie ermöglicht auch Erdwärmeprojekte, die aufgrund geologischer und/oder hydrologischer Bedingungen oder zu geringer Grundstücksfläche sonst nicht realisierbar wären. Erdwärme erhält dadurch einen besseren Zugang zum Markt der emissionsarmen Wärme- und Kälteversorgung durch Wärmepumpen und leistet damit einen elementaren Beitrag zum Klimaschutz.

Seit 2010 sind über 1.600 Erdwärmeanlagen in allen Dimensionen mit weit über 250.000 Metern geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden bundesweit und international errichtet worden – ohne Reklamationen, Havarien oder Leckagen. Die durchgängig hohe Qualität ist insbesondere auf eine richtlinienkonforme Verarbeitung der geoKOAX® auf der Baustelle (VDI, DVS, DVGW) und eine enge Begleitung und Überwachung der Projekte durch das technische Vertriebsteam der geoKOAX GmbH zurückzuführen.

Bedingt durch technische Besonderheiten der Grundkomponenten der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde ist die bisher als üblich geltende, vollständige werksseitige Produktion der Sonde nicht möglich: Die geoKOAX®-Speichersonde bietet ein mehr als 6-fach größeres Volumen als herkömmliche Erdwärmesonden und ist als Koaxialrohr gestaltet. Dieses hat mit 140 mm einen vergleichbar großen Außendurchmesser, was eine Spindelwicklung – wie z.B. bei Doppel-U-Rohr-Sonden üblich – nicht zulässt. Die Sonde wird daher in werksseitig produzierten Segmenten an die Baustelle geliefert und dort von nach DVS bzw. DVGW geprüften und zertifizierten Schweißern im Wege des Heizelementstumpfschweißverfahrens stoffschlüssig verbunden.

Dieses Verfahren wurde als mittlerweile etabliertes Modell bereits in einigen Länder-Richtlinien aufgenommen (vgl. *Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme* des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW vom 30.03.2016, Absatz 4.1.2.3:


„Ist das Anliefern einer werksseitig hergestellten Erdwärmesonde aufgrund eines großen Rohrdurchmessers nicht möglich (bspw. bei Koaxialsonden > 90 mm Außendurchmesser), so kann


die Verbindung der einzelnen Komponenten durch Schweißung auf der Baustelle erfolgen, sofern die für das angewendete Schweißverfahren geltenden technischen Regeln (DVS Richtlinie 2207 und 2208) eingehalten werden.“¹

Da eine abschließende werksseitige Prüfung koaxialer Speichersonden nicht möglich ist, werden im Folgenden besondere, in der Praxis bewährte Anforderungen an den Qualitätssicherungsprozess der geoKOAX GmbH definiert. Dieser umfasst dabei neben den eingesetzten Rohmaterialien, Halbzeugen und produzierten Teilkomponenten insbesondere auch die Handhabung außerhalb der werksseitigen Produktion.

1) Beschreibung und Dokumentation der Rohmaterialien, Halbzeuge und werksseitig produzierten Sonden-Teilsegmente der geoKOAX®

Werkstoffe

-  **PE 100**
Polyethylen ist ein Standardkunststoff mit vielfältigem Anwendungspotenzial, da er chemisch beständig ist und allgemein gute mechanische Eigenschaften aufweist. Als Typ PE 100 weist der Werkstoff nach Herstellerangaben eine hohe Zeitstandfestigkeit von mind. 50 Jahren auf, ist schweißbar und wird daher vornehmlich als Kunststoff im Rohrleitungsbau verwendet.

-  **PE 100-RC**
Das Außenrohr der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde wird aus dem derzeit hochwertigsten Rohrwerkstoff PE 100-RC extrudiert. Neben der hohen mechanischen Beständigkeit bietet PE 100-RC zusätzlich eine nach DIN 52612 ca. 10 % bessere Wärmeleitfähigkeit gegenüber konventionellen Werkstoffen und kann von - 50 °C bis + 40 °C eingesetzt werden, womit es sich ideal als Werkstoff für Erdwärmesonden eignet.

Rohre

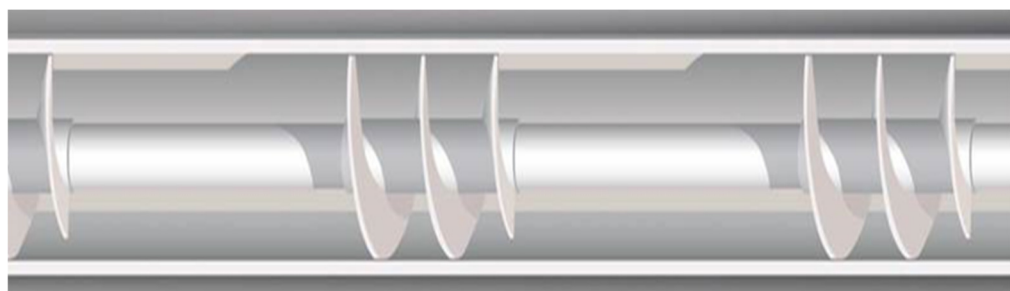


Abb: Innenansicht des koaxialen Aufbaus der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde

¹ In der zukünftigen VDI 4640 Blatt 2 (Gründruck, Kap. 7.2.2.1) heißt es gleichlautend: „Ist eine werksseitige Herstellung einer Erdwärmesonde aufgrund eines großen Rohrdurchmessers nicht möglich, so kann mittels eines stoffschlüssigen Verfahrens die Verbindung der einzelnen Erdwärmesondenkomponenten auf der Baustelle erfolgen, sofern die für das Verfahren geltenden technischen Regeln eingehalten werden. Die Verarbeiter müssen im Besitz einer gültigen Prüfbescheinigung für das jeweilige Schweißverfahren sein. Die auf der Baustelle hergestellten Verbindungen sind entsprechend der materialspezifischen Druckanforderungen zu prüfen.“

Die Basis der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde bilden Vollwandrohre aus PE 100-RC. Die Grundstoffe, aus denen die Rohre extrudiert werden, sind ausnahmslos nach der KRV-Werkstoffliste für Trinkwasser zugelassen.

Die bei unabhängigen Prüfinstituten durchgeführten Prüfungen (Zeitstand-Innendruckprüfungen, Notch-Test, Punktlastversuch) belegen die herausragenden Eigenschaften des PE 100-RC Materials. Die von der geoKOAX® bezogenen Rohre unterliegen der Fremdüberwachung, z.B. bei der Simona AG durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH. (TÜV Prüfzeichen MUC-KSP-A 006).

- ❖ **Außenrohr 140 mm**
Das Außenrohr weist einen Außendurchmesser von 140 mm mit einer Wandstärke von 5,4 mm (SDR 26) auf. Der zulässige Nenndruck der Rohrhalbeuge beträgt 6,4 bar (bei 20 °C).
- ❖ **Innenrohr 40 mm**
Das Innenrohr weist einen Außendurchmesser von 40 mm mit einer Wandstärke von 3,7 mm (SDR 11) auf und ist vollständig vom Außenrohr umschlossen. Das Innenrohr tritt am Kopf aus der Sonde aus und wird als Anschlussrohr verwendet. Im Rahmen der Fertigung werden die 1 bis 2 Meter langen Anschlussrohre mit dem Kopfstück mittels Elektroschweißfittings werksseitig fest verbunden.
- ❖ **Entlüftungsrohr 25 mm**
Das Entlüftungsrohr dient der Entlüftung der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde bei der Befüllung mit Wärmeträgerflüssigkeit. Das Entlüftungsrohr wird mittels Elektroschweißfittings mit dem Kopfstück werksseitig fest verbunden.

Spritzgussteile

Die Spritzgussteile werden bei den Unternehmen Kuffner-Kunststoff-Spritzguss GbR in Bad Berleburg und B+M Breitbach + Mueller GmbH in Erndtebrück hergestellt.

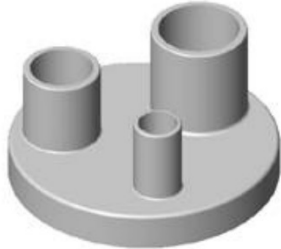
- ❖ **Fußteil**
Der Sondenfuß ist ein gespritztes Formteil aus PE 100. Der Bodenkörper ist mit einer Wandstärke von 13,6 mm materialverstärkt (entspricht SDR 11).





Kopfteil

Das Kopfteil ist ein gespritztes Formteil aus PE 100. Es besitzt an der Oberseite drei Öffnungen, die als Stutzen ausgeführt sind und die hydraulische Anbindung der Sonden an das Verteil-(Zu- und Rücklauf) und Entlüftungssystem ermöglichen.



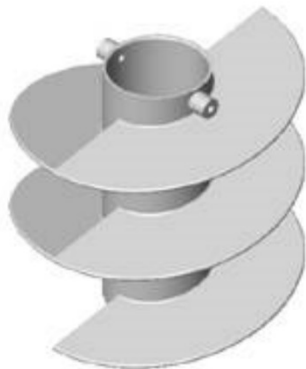
Abstandshalter

Der Abstandshalter ist ein gespritztes Formteil aus PE 100. Er dient der Zentrierung des Innenrohrs im Außenrohr und hat keine sicherheitsrelevante Funktion.



Verwirbler

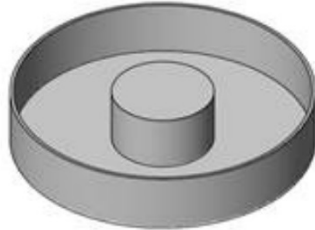
Der Verwirbler ist ein gespritztes Formteil aus PE 100. Er dient der Durchmischung des Wärmeträgerfluids im Ringspalt und hat keine sicherheitsrelevante Funktion.





Staubkappe

Die Staubkappe ist ein gespritztes Formteil (gelb gefärbt). Sie dient ausschließlich dem Schutz vor Verschmutzungen während der Lagerung und des Transports und ist nicht Bestandteil der fertigen Sonde.



Elektroschweißittings

Elektroschweißittings werden am Kopfteil verwendet, um die Anschlussrohre mit dem Kopfteil formschlüssig zu verbinden. Dabei handelt es sich um Fittings mit den Größen DN25/25 für das Entlüftungsrohr, DN40/40 für die Vorlaufleitung und DN50/40 für die Rücklaufleitung. Sollte ein Sondenkopf beispielsweise beim Einbau beschädigt oder die Sonde verkürzt werden müssen, wird ein Ersatzkopf mit einem Elektroschweißitting DN140/140 formschlüssig verbunden. Die Elektroschweißittings werden mit den Stutzen am Kopfteil und den jeweiligen Rohrleitungen fachgerecht werksseitig nach DVS verschweißt. Die Elektroschweißittings werden u.a. von Unternehmen wie GF - Georg Fischer GmbH und Plasson GmbH bezogen. Diese Elektroschweißittings sind aus PE 100 gefertigt und entsprechen den einschlägigen ISO-, DIN- und EN-Normen. (u.a. EN 12201-3, EN 1555-3, EN 13244-4). Sie eignen sich zum Verbinden von PE 63, PE 80 und PE 100 Rohren nach DIN 8074/75, EN 1555-2, EN 12201-2, EN 13244-2 und PE-Xa Rohren bzw. nach DVGW 335-A3.

Verarbeitung zu Sonden-Teilsegmenten

Die Teilsegmente der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden werden bei der Firma RaS-Tec Rütten GmbH & Co. KG in Krefeld gefertigt, qualitätsgeprüft und für den Transport in Verschlägen zusammengestellt. Die Firma hält ein WHG-Zertifikat und beschäftigt nach DVS bzw. DVGW zertifizierte Schweißer.



Fußsegment

Das Fußsegment besteht aus einem 6 m-langen Außenrohr, an das werksseitig mittels Heizelementstumpfschweißung das Fußteil einseitig angeschweißt ist. Auf dem Innenrohr sind Verwirbler angeordnet und befestigt. Das Innenrohr ist in das Außenrohr eingeführt. Am offenen Ende befindet sich ein Abstandshalter, aufgeschoben auf das Innenrohr, und werksseitig verschweißt - sowohl am Außen- als auch am Innenrohr.



Zwischensegment

Zwischensegmente sind die Verbindungsstücke zwischen Kopf- und Fußsegmenten. Sie werden in verschiedenen Längen produziert. Auf dem Innenrohr sind Verwirbler angeordnet und befestigt. Dieses ist in das Außenrohr eingeführt.

An den offenen Enden befindet sich jeweils ein Abstandshalter zwischen Innen- und Außenrohr, beidseitig werksseitig verschweißt.



Kopfsegment

Das Kopfsegment besteht aus dem Außenrohr, an das werksseitig mittels Heizelementstumpfschweißung das Kopfteil angeschweißt ist. Auf dem Innenrohr sind Verwirbler angeordnet und befestigt. Dies ist in das Außenrohr eingeführt. Das Innenrohr ist dabei 1m länger als das Außenrohr ausgeführt, um durch eine Öffnung des Kopfteils auszutreten. Am Ende des verlängerten Innenrohrs wird in einem später nachfolgenden Arbeitsschritt die Anschlußleitung mit einer Elektroschweißmuffe befestigt. Am offenen Ende des Außenrohrs ist ein Abstandshalter auf das Innenrohr geschoben, der sowohl am Außenrohr als auch am Innenrohr werksseitig angeschweißt ist. Das Innenrohr ist mittels einer Elektroschweißreduzierungsmuffe an den Stutzen des Kopfteils werksseitig verschweißt. Zusätzlich ist ein 40 mm Einlassrohr (SDR 11, PE 100, blau) an den anderen Stutzen mittels Elektroschweißmuffe angebracht.

Dokumentation

Folgende Dokumente werden im Zuge der Fertigung erstellt bzw. stehen bei der geoKOAX GmbH zur Einsicht zur Verfügung:

- TÜV-Zertifikat Simona AG
- Technisches Datenblatt Lupolen DX 5021 Natural (Spritzgussteile)
- Prüfzeugnis der PLASSON Elektroschweißfittings nach DVGW und SKZ
- WHG-Zertifikat der RasTec-Rütten GmbH & Co. KG zur werksseitig konfektionierten Sonde
- DVGW- bzw. DVS-Zertifikate der Schweißer der RasTec-Rütten GmbH & Co. KG

2) Qualitätssicherung bei Transport und Lagerung der Sondensegmente

Zur Sicherung der Qualität der Sondensegmente sind folgende Schritte einzuhalten und zu kontrollieren:

Transport



Die Palettenkonfektionierung in Holzverschlügen dient dem Stapeln und sicheren Transport der Einzelsegmente.



Die Teilstimente der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde sowie die Anschlussleitungen sind während des Transports mittels Staubkappen vor Verunreinigungen zu schützen.



Beim Transport und besonders beim Auf- und Abladen sind die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden vor Beschädigungen zu schützen.



Vor dem Abladen sind die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden auf Transportschäden zu überprüfen.



Beim Einsatz von Hebeegeräten sind breite Gurte und bei größeren Rohrlängen Traversen einzusetzen. Nicht-palettierter geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden sollten

möglichst auf ihrer ganzen Länge aufliegen, und gegen Auseinanderrollen gesichert sein.

- Die Lagerfläche muss so beschaffen sein, dass keine Beschädigungen entstehen können (scharfkantige Steine o.ä.).

Lagerung

- Die Teilsegmente werden in Verschlügen gelagert, nicht höher jedoch als 4 übereinander.
- Die Teilsegmente der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde sowie die Anschlussleitungen sind während der Lagerung vor Verunreinigungen zu schützen.
- Der Lagerort am Werk und auf der Baustelle muss eben und frei von Steinen oder scharfkantigen Gegenständen sein.
- Die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden dürfen nicht mit Treibstoffen, Lösungsmitteln, Ölen, Fetten, Wärmequellen größer 70 °C oder Farben in Berührung kommen.
- geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden bzw. ihre Teilsegmente sind bis zur Endmontage vor übermäßiger direkter Sonneneinstrahlung zu schützen.
- Das Schleifen von geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden über den Boden ist nicht zulässig.

3) Qualitätssicherung bei Verarbeitung und Einbau

Zur Sicherung der Qualität der Sondensegmente sind folgende Schritte der Verarbeitung und des Einbaus einzuhalten, zu kontrollieren und sofern vorgeschrieben die Ergebnisse zu dokumentieren.

Verarbeitung auf der Baustelle

Die Teilsegmente der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde werden auf der Baustelle ausschließlich von nach DVS bzw. DVGW zertifizierten PE-Schweißern im Wege eines Heizelementstumpfschweißverfahrens stoffschlüssig zusammengesetzt (siehe beigefügte DVS-Richtlinie 2207-1 Beiblatt 2 in der Fassung vom August 2013, die Teil des Qualitätssicherungskonzepts der geoKOAX GmbH ist. Sie darf gemäß ausdrücklicher Zustimmung vom 26.01.2018 hier abgelichtet werden.) Maßgebend für die Qualitätssicherung des Schweißens auf Baustellen und die abschließende Protokollierung der Schweißung sind die Richtlinien DVS 2208 Teil 1 sowie das Merkblatt DVS 2207 Teil 1.

Folgende Checkliste zur Heizelementstumpfschweißung (HS) nach DVS ist dabei zu beachten:

- Es sind zulässige Arbeitsbedingungen zu schaffen, z.B. sind je nach Wetterlage und Untergrund, ein Schirm oder ein Zelt aufzubauen.
- Um die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden leichter bewegen zu können und vor Bewegungsschäden (Kratzer) zu schützen, sind Rollböcke zu verwenden.
- Bei Entnahme aus dem Baustellenlager ist zu prüfen und sicherzustellen, dass die Rohre mit Staubkappen oder Folie geschützt sind.
- Vor der Schweißung ist die Schweißmaschine auf Funktionstüchtigkeit zu überprüfen.

- ✦ Es sind nur handelsübliche Schweißmaschinen nach DVS-Richtlinie 2208-1 zugelassen.
- ✦ Die Heizelementtemperatur ist entsprechend des zu verschweißenden Werkstoffes und der Materialdicke einzustellen (PE 100, DN140, SDR 26).
- ✦ Die Rohre sind auf Beschädigungen zu prüfen und alle Endkappen zu entfernen.
- ✦ Die Rohrenden sind zu reinigen und die zu verschweißenden Teile sind horizontal einzuspannen und auszurichten.
- ✦ Die Angleich-, Anwärme- und Fügedruck-Werte sind nach Angaben des Maschinenherstellers (Tabellenwert) und nach der Bewegungskraft einzustellen.
- ✦ Die Verbindungsflächen sind mechanisch zu bearbeiten (Hobeln).
- ✦ Späne sind vollständig zu entfernen. Es ist zu beachten, dass sich ein gleichmäßiger Span sowohl des Außen- als auch des Innenrohrs gebildet hat. Beide Rohre müssen plan miteinander abschließen.
- ✦ Spalt- und Versatzkontrolle: Unbedingt zu beachten ist, dass auch die Innenrohre miteinander verschlossen sind (Versatz nach DVS 2202, Spalt nach 2207-11).
- ✦ Die Verbindungsflächen sind mit PE Reiniger (z.B. Tangit) zu reinigen.
- ✦ Die Rohrenden sind gegebenenfalls zu verschließen (Kamineffekt).
- ✦ Die Heizelementtemperatur ist in Abhängigkeit der Wanddicke zu überprüfen.
- ✦ Das Heizelement ist mit nicht-faserndem trockenem Papier zu reinigen.
- ✦ Das Heizelement ist in die Schweißmaschine einzulegen.
- ✦ Die Schweißflächen sind an das Heizelement (Wulsthöhe beachten) anzugleichen.
- ✦ Anwärmen mit reduziertem Druck (DVS 2207-11). Die korrekte Anwärmzeit ist zu beachten (DVS 2207-11 bzw. Herstellerangaben).
- ✦ Nach Ablauf der Anwärmzeit ist das Heizelement zu entfernen.
- ✦ Die zu verschweißenden Teile sind zügig und gleichmäßig bis zum relevanten Druck zusammenzufahren (max. Zeiten beachten).
- ✦ Die Abkühlzeit nach DVS 2207 ist einzuhalten.
- ✦ Druck nachführen und nach Ablauf der Abkühlzeit Teile ausspannen.
- ✦ Es ist ein Schweißprotokoll nach den jeweiligen Vorgaben der Bundesländer und des Auftraggebers zu erstellen. Moderne CNC-gesteuerte Kunststoffrohr-Stumpfschweißmaschinen, deren Einsatz wir ausdrücklich empfehlen, verfügen in der Regel über eine Protokollfunktion, die eine automatische Dokumentation des gesamten Fügeprozesses ermöglichen.

Dichtigkeitsprüfung vor dem Einbau

Vor dem Einbau hat eine Dichtigkeitsprüfung an jeder Sonde mittels Druckmessung (Kontraktionsprüfverfahren) mit Luft durch den Bohrunternehmer gemäß DIN EN 805, VDI 4640 zu erfolgen. Wir empfehlen die Verwendung von Leckage-Spray. Ebenso ist die Sonde auf Beschädigungen zu überprüfen.

Der geoKOAX®-Sondenrücklauf (DN40) und die Entlüftungsleitung (DN25) sind mit je einem Kugelhahn zu bestücken und abzusperrern. Der Sondenrücklauf ist ein DN50/40-Anschluss am Sondenkopf.

- ✦ Die Druckpumpe mit Manometer an den Vorlauf (DN40, blau) der Sonde anschließen. Der Sondenvorlauf ist ein DN40/40-Anschluss am Sondenkopf.
- ✦ Den Kugelhahn des geoKOAX®-Sondenrücklaufs (DN40) öffnen.

- Die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde komplett mit Luft füllen bis sich ein Druck von 4 bar in der Sonde aufgebaut hat. Dem behördlicherseits eingeforderte Sicherheitsfaktor des 1,6-fachen Betriebsdruckes bei der Verwendung von wassergefährdenden Stoffen, wird damit entsprochen. Der Betriebsdruck der geoKOAX-Speichersonde beträgt 1,5-2 bar.
- Das Ventil der Druckpumpe schließen und 15 Minuten abwarten.
- Erneut den Druck mit der Pumpe auf 4 bar aufbauen und 15 Minuten abwarten.
- Letztmalig den Druck auf 4 bar aufbauen und sofort danach auf 2,0 bar entlasten. Nachdem sich der Druck in der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde gegebenenfalls noch einmal um bis zu 0,2 bar erhöht hat, bleibt er jetzt konstant. Dieser Druck hat jetzt 15 Minuten konstant zu bleiben. Dann ist die Druckprüfung erfolgreich bestanden.

Einbau

Folgende Regeln sind beim Einbau der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde zwingend zu beachten:

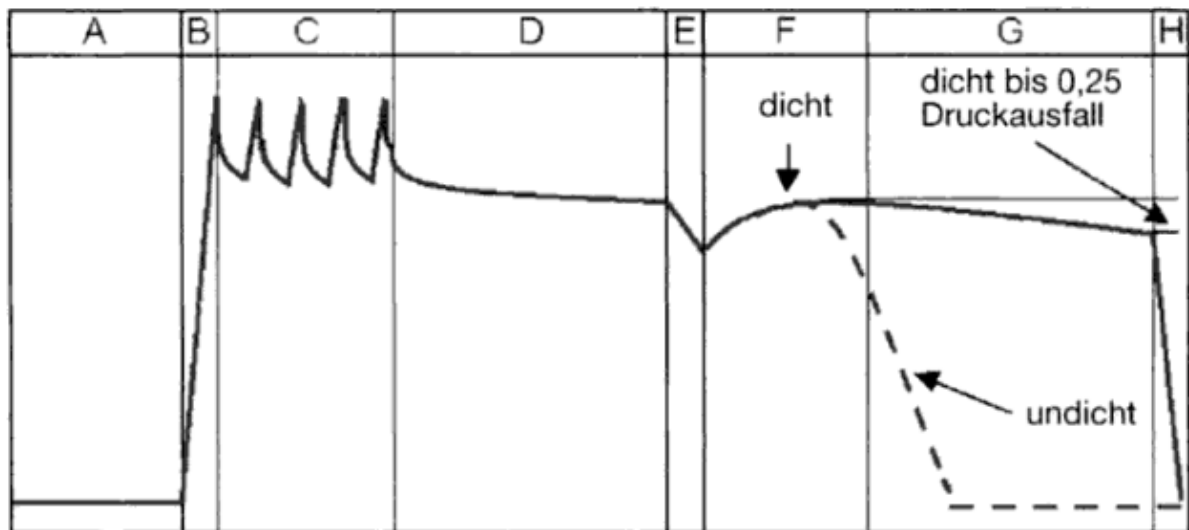
- Bei hoher Umgebungstemperatur und starker Sonneneinstrahlung ist die Sonde vor dem Einbau mit Wasser zu kühlen (abspritzen).
- Die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde ist horizontal in eine 90-Grad-Position zum Bohrloch und zur Lafette zu bringen.
- Der Führungsschlitten ist auf einer Länge von ca. 7-8 Metern vom Sondenfuß aus in Position zu bringen und mit der Spannzange zu fixieren. Damit wird ein Herabrutschen des Schlittens verhindert.
- Der Führungsschlitten wird mit dem Seilzug der Lafette soweit angehoben, bis die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde in das Bohrloch gesetzt werden kann.
- Zum Befüllen der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde ist der Wasseranschluss am Rücklauf anzuschließen.
- Alle drei Leitungen (Zu- und Rücklauf, Entlüftung) sind zur Stabilisierung mit Klebeband zusammenzubinden.
- Der Wasserschlauch ist am Kopf der geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde mit einem hochwertigen Klebeband (z.B. Uponor Multi Klebeband) zu fixieren. Der Wasserschlauch darf nicht nur am Rücklauf fixiert werden.
- Nun wird die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde nachgeschoben und der Führungsschlitten leicht angezogen. Hierbei muss sich ein harmonischer Bogen bilden. Der Biegeradius von DN x 20 bei 20 °C (2,80 m) darf nicht unterschritten werden.
- Sobald die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde aufschwimmt, wird diese über den Rücklauf mit Wasser befüllt und gleichmäßig über die Regulierung des Wasserflusses abgeteuft. Mit steigender Wassersäule drückt sich die Sonde in das Bohrloch. Die Wassersäule darf nicht über den Biegepunkt hinausreichen.
- Nach dem Herablassen der Sonde (Teufen) wird das Bohrloch mit zertifiziertem thermisch verbesserten Verpressmaterial für Erdwärmesonden verfüllt.
- Während dieses Verpressvorgangs muss die Sonde vollständig mit Wasser gefüllt sein.
- Nach der Verfüllung / Zementierung des Bohrlochs sind die Anschlussleitungen gegen Verunreinigung zu sichern.

Druckprüfung nach dem Einbau

Nach dem Einbau der Sonde und vor Anschluss an den Verteiler hat eine weitere Dichtigkeitsprüfung an jeder Sonde mittels Druckmessung im Rahmen eines Kontraktionsprüfverfahrens durch den Bohrunternehmer gemäß DIN EN 805 (ISSN: 0937-3756), DVGW-W 400-2 (ISSN 0176-3504), VDI 4640 (ICS 27.080) zu erfolgen.

Der Ablauf einer Druckprüfung lässt sich in 3 Einzelschritte - Vorprüfung, Druckabfallprüfung und Hauptprüfung einteilen. Die Vorprüfung bereitet die zu prüfenden Sonden auf die Hauptprüfung vor. Im Laufe der Vorprüfung dehnt sich die Sonde in axialer wie auch in radialer Richtung in Abhängigkeit des anstehenden Prüfdruckes und der Rohrwandtemperatur. Durch Nachpumpen wird die Volumenzunahme der Sonde ausgeglichen. Das Druckniveau im Rahmen der Vorprüfung liegt zwischen dem Betriebsdruck und dem Systemprüfdruck. Die Hauptprüfung findet im Anschluss an die Vorprüfung bzw. an die Druckabfallprüfung statt und kann nach der Wasser- oder Druckverlustmethode durchgeführt werden. Beiden Verfahren ist gleich, dass der Systemprüfdruck (STP) – ausgehend vom Systembetriebsdruck (MPD) – nach folgender Gleichung ermittelt wird:

$$\text{STP} = \text{MDP} \times 1,5$$



Druckverlauf Kontraktionsverfahren

Vorprüfung:

- ☛ Im Kontraktionsverfahren ist die geoKOAX®-Erdwärmespeichersonde komplett mit Wasser zu füllen und zu entlüften (Abschnitt A).
- ☛ Anschließend Wasser in die Sonde pumpen, bis sich ein Druck von 4 bar in der Sonde aufgebaut hat (Abschnitt B)
- ☛ Das Ventil der Druckpumpe schließen und Halten des Prüfdruckes über 30 Minuten durch Nachpumpen (Abschnitt C).
- ☛ Einstündige Ruhephase während der sich die Sonde viskoelastisch verformt und der Innendruck abfällt (Abschnitt D). Innerhalb der Ruhephase darf der Druck um max. 20% absinken, andernfalls ist von einer Temperaturerhöhung der Sonde oder von einer Undichtigkeit auszugehen. Die Prüfung ist zu wiederholen. Auf die Entspannungphase darf nicht verzichtet werden.

Hauptprüfung:

- 🔧 Druckabsenkung < 2 min (Abschnitt E)
- 🔧 Kontraktionsphase 30 min (Abschnitt F)
- 🔧 Überwachung des Druckverlaufs (Abschnitt G)
- 🔧 Entlastung der Sonde (Abschnitt H)

Spülen und Befüllen der Sonden

- 🔧 Die einzelnen geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden werden mit einer zugelassenen Wärmeträgerflüssigkeit durch den geoKOAX®-Sondenrücklauf (DN40, schwarz) befüllt.
- 🔧 Die schwerere Wärmeträgerflüssigkeit spült das leichtere Wasser aus dem geoKOAX®-Sondenvorlauf (DN40, blau) und der Entlüftungsleitung (DN25, schwarz) heraus. Etwaige Verunreinigungen werden bei diesem Vorgang ebenfalls aus den Sonden herausgespült.
- 🔧 Sobald alle geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden mit Wärmeträgerflüssigkeit befüllt sind, können sie an den Verteiler angebunden werden.

Dritte und abschließende Druckprüfung des Gesamtsystems

Nach Anschluss der Anbindeleitungen ist das Gesamtsystem wärmequellenseitig im Wege einer weiteren Druckprüfung (90 Minuten, 4 bar) durch den Bohrunternehmer auf Dichtigkeit zu überprüfen. Damit wird final sichergestellt und bestätigt, dass das System intakt und belastbar ist.

Dokumentation von Verarbeitung und Einbau

Folgende Dokumente werden während der Verarbeitung von dem ausführenden Bohrunternehmen erstellt und dem Bauherrn und den Behörden übergeben:

- 🔧 CNC-Schweißprotokolle
- 🔧 Protokoll der finalen Druckprüfung

Zertifizierung der verarbeitenden Unternehmen

Folgende Zertifikate sind dem Betreiber und den Behörden auf Nachfrage vorzuweisen:

- 🔧 **Zertifizierung des Bohrunternehmens nach DVGW AB W 120-2**
Nur von der DVGW zertifizierte Bohrunternehmer nach „W 120-2 Bohrungen für Erdwärmesonden“ dürfen geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden verarbeiten.
- 🔧 **Zertifizierung des Schweißers nach dem Regelwerk DVGW und DVS**
Die Verbindung der Erdwärmespeichersonden erfolgt durch einen geprüften PE-Schweißer (DVGW GW 330), der über eine DVS 2212-1-Lizenz verfügt. Die maßgebliche DVS-Richtlinie zum Heizelementstumpfschweißen von Rohren aus Polyethylen (DVS 2207-1) sieht vor, dass die Verarbeiter im Besitz einer gültigen Prüfbescheinigung für das jeweilige Schweißverfahren sein müssen und schreibt die Verfahrens- und Umgebungsbedingungen vor, unter denen die Schweißung zu erfolgen hat. Eine Überprüfung, z.B. durch den Bauherrn oder Aufsichtsbehörden, kann anhand des Schweißprotokolls erfolgen.

4) Maßnahmen der geoKOAX GmbH für eine zusätzliche Qualitätssicherung

Baubegleitung

Beim erstmaligen Einsatz von geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden wird das Bohrunternehmen beim Einbau bzw. Teufen vor Ort vom Fachpersonal der geoKOAX GmbH begleitet.

Die Schulungsmaßnahme umfasst Vermittlung von Produkt- und Verarbeitungskennnissen bis hin zu einem Vor-Ort-Qualitätsmanagement (Anwendungsempfehlungen, Präventiv- und Korrekturmaßnahmen, Fehlerausschluss und Prozessoptimierung, Gewährleistung der System- und Prozessqualität).

Stichprobenkontrolle



In der Produktion

Quartalsweise Überprüfung der Produktionsstandorte (RaS-Tec Rütten und Kuffner-Kunststoff-Spritzguss) durch Mitarbeiter der geoKOAX GmbH. Dabei werden Sichtkontrollen an folgenden Komponenten durchgeführt und dokumentiert:

- Kopf- und Fußteil
- Abstandshalter
- Schweißverbindungen und Maßhaltigkeit der Segmente
- Allgemeine Produktionsbedingungen
- Lagerzustand
- Schweißer-Zertifikate



Auf der Baustelle

Mindestens einmal im Jahr werden vor-Ort-Kontrollen der Bohrunternehmer vorgenommen und mindestens ein vollständiger Zusammenbau und Einbau der Sonden begleitet und dokumentiert. Ferner werden die Sichtprüfungen der Lieferung vorgenommen.

5) Gutachterliche Überprüfung des Heizelementstumpfschweißverfahrens für geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden

Eine Überprüfung der Heizelementstumpfschweißverbindung an PE-Rohren (DN140, SDR 26) im Hinblick auf deren Schweißnahtqualität nach den Richtlinien DVS 2207-1 (Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen) und DVS 2203-2 (Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen) erfolgte am 07.06.2010 durch die HESSEL Ingenieurtechnik GmbH (*amtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für Behälter, Rohre und Abdichtungsbahnen aus Thermoplasten*).



Gegenstand des Berichts sind Untersuchungen an Heizelementstumpfschweißverbindungen von geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden im Hinblick auf die Schweißnahtqualität. Die Schweißverbindungen sind Musterschweißungen DN140 x 5,4mm der Firma RaS-Tec Rütten GmbH & Co KG.

- Die Musterschweißungen wurden im Kurzzeit-Zugversuch untersucht. Eine mechanische Prüfung nach DVS 2203-2 erfolgte nach 24-stündiger Konditionierung bei einer Umgebungstemperatur von 22 °C [\pm 1 °C].
- Laut Prüfprotokoll stellt „bei Heizelementstumpfschweißungen von geoKOAX®-Erdwärmesonden nach DVS 2207-1 [...] die Schweißverbindung keine Schwachstelle im System dar.“

Gutachten zur Gleichstellung vom Schweißen auf der Baustelle nach DVS mit werksseitiger Verarbeitung nach DVS


Laut Gutachten der Hessel Ingenieurtechnik GmbH vom 08.06.2010 ist das Schweißen von geoKOAX®-Erdwärmespeichersonden auf der Baustelle der Schweißung im Werk nach DVS 2207-7 dann gleichzusetzen, wenn die in DVS 2207-1 genannten Randbedingungen eingehalten sind. Die maßgebliche DVS-Richtlinie zum Heizelementstumpfschweißen von Rohren aus Polyethylen (DVS 2207-1) beschreibt die einzuhaltenden Umgebungsbedingungen. Diese hat der verarbeitende, DVS zertifizierte Schweißer zu gewährleisten. Eine Überprüfung – z.B. durch den Bauherrn oder Aufsichtsbehörden – kann anhand des Schweißprotokolls, das von Schweißprotokollaufzeichnungsgeräten zur einfachen Schweißnahtprotokollierung von Heizelement-Stumpfschweißnähten zur Verfügung gestellt wird, erfolgen. Die automatische Protokollierung von Heizelement-Stumpfschweißnähten entspricht dem Stand der Technik und ist in vielen Bundesländern, z.B. Bayern, anzuwendende Vorschrift, die zu einer Optimierung der Qualitätssicherung von Heizelement-Stumpfschweißnähten geführt hat.

Zertifizierung nach SKZ

Eine Zertifizierung wird derzeit vorbereitet.

Anlage:

August 2013

<p>DVS – DEUTSCHER VERBAND FÜR SCHWEISSEN UND VERWANDTE VERFAHREN E.V.</p>	<p>Heizelementstumpfschweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen großer Wanddicke bzw. Durchmesser aus PE</p>	 <p>Richtlinie DVS 2207-1 Beiblatt 2</p>					
<p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Geltungsbereich 2 Allgemeine Anforderungen 3 Maßnahmen vor dem Schweißen 4 Hinweise zum Verfahrensablauf 4.1 Temperaturkontrolle 4.2 Versatz der Fügeflächen minimieren 4.3 Handling der Rohrstränge 4.4 Entfernen des Schweißwulstes 							
<p>1 Geltungsbereich</p> <p>Dieses Beiblatt gilt für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus PE nach DIN 8074 / DIN 8075 mit Wanddicken > 30 mm bzw. mit Durchmessern > 630 mm.</p> <p>Die Verfahrensabläufe entsprechen grundsätzlich der in der Richtlinie DVS 2207-1 beschriebenen Vorgehensweise. Die nachfolgend beschriebenen Empfehlungen stellen zusätzliche Hinweise dar.</p> <p>2 Allgemeine Anforderungen</p> <p>Die Qualität der Schweißverbindungen ist abhängig von der Qualifikation der Schweißer, der Eignung der verwendeten Maschinen und Vorrichtungen sowie der Einhaltung der Schweißrichtlinien.</p> <p>Die Schweißarbeiten sind durch eine gemäß Richtlinie DVS 2213 bzw. DVGW GW 331 qualifizierte Schweißaufsicht zu überwachen. Art und Umfang der Überwachung muss zwischen den Vertragsparteien vereinbart werden. Die Verfahrensdaten sind in Schweißprotokollen oder auf Datenträgern zu dokumentieren. Dabei ist eine elektronische Datenerfassung zu bevorzugen.</p> <p>Im Rahmen der Qualitätssicherung wird empfohlen, vor Aufnahme und während der Schweißarbeiten unter den gegebenen Arbeitsbedingungen Probennähte herzustellen und zu prüfen.</p> <p>Jeder Schweißer muss ausgebildet sein und eine gültige Prüfungsbescheinigung nach Richtlinie DVS 2212-1 bzw. GW 330 besitzen. Das vorgesehene Anwendungsgebiet ist für die Art der Qualifikation bestimmend.</p> <p>Die zum Schweißen verwendeten Maschinen und Vorrichtungen müssen den Anforderungen nach Richtlinie DVS 2208-1 entsprechen.</p> <p>3 Maßnahmen vor dem Schweißen</p> <p>Der unmittelbare Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z. B. Wind, Feuchtigkeitseinwirkung) zu schützen. Wenn durch geeignete Maßnahmen (z. B. Vorwärmen, Einzelnen, Beheizen) sichergestellt wird, dass zum Schweißen zulässige Bedingungen gegeben sind, darf – soweit der Schweißer nicht in der Handfertigkeit behindert wird – bei beliebiger Außentemperatur gearbeitet werden. Gegebenenfalls ist durch Herstellen von Probeschweißungen unter den genannten Bedingungen ein zusätzlicher Nachweis zu führen.</p>	<p>Falls das Halbzeug infolge Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt wird, ist durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißstelle ein Temperaturausgleich zu schaffen. Eine ungleichmäßige Abkühlung während des Schweißvorganges durch Luftzug ist zu vermeiden, z. B. durch Verschließen der Rohrenden.</p> <p>4 Hinweise zum Verfahrensablauf</p> <p>Auf die nachfolgend beschriebenen Punkte ist beim Schweißen dickwandiger Rohre explizit zu achten:</p> <p>4.1 Temperaturkontrolle</p> <p>Um sicher eine geeignete Schweißtemperatur zu erreichen, ist für dickwandige Rohrleitungen eine Heizelementtemperatur von 220°C (± 10°C) vorgeschrieben. Die gleichmäßige Temperatur des Heizelementes ist im Schweißbereich an mindestens 8 gleichmäßig über den Umfang verteilten Messpunkten zu kontrollieren. Für die Messung sind kalibrierte Thermokontaktmessgeräte zu verwenden (gemäß Richtlinie DVS 2208-1).</p> <p>4.2 Versatz der Fügeflächen minimieren</p> <p>Der maximal zulässige Versatz beträgt 10% (max. 5 mm) der Wanddicke.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Um Kerbwirkung und Spannungskonzentrationen zu vermeiden, muss der Versatz minimiert werden. – Zum Ausgleich fertigungsbedingter Wanddicken- bzw. Ovalitätstoleranzen wird empfohlen, sich beim Ausrichten der Rohre an der Signierung zu orientieren, um den Versatz zu minimieren. Dazu empfiehlt es sich, die Rohre gemäß Produktionsreihenfolge (Metrierung) zu verbinden. – Da ein unterschiedlicher Rohrendeneinfall ursächlich für unzulässigen Versatz sein kann, ist der Rohrendeneinfall zu kontrollieren und ggf. durch Kürzen der Rohrenden zu beseitigen. – Schweißungen von Rohren mit Formteilen erfordern ein besonderes Augenmerk, weil das Formteil aus einer anderen Rohr-Charge hergestellt, spritzgegossen oder zerspanend hergestellt wurde. Wenn die Ovalität eines Rohrendes zu einem nicht tolerierbaren Versatz führt, muss mit geeigneten Hilfsmitteln ein Ausgleich erfolgen. <p>4.3 Handling der Rohrstränge</p> <p>Beim Handling dickwandiger Bauteile ist besondere Sorgfalt geboten.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Um Spannungsspitzen auf die Schweißnähte zu vermeiden, sind die Randfaserdehnungen zu minimieren. Es empfiehlt sich daher, die folgenden auf den jeweiligen Außendurchmesser OD bezogenen Biegeradien sorgsam einzuhalten: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">20°C</td> <td style="padding: 2px 10px;">30 x OD</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">10°C</td> <td style="padding: 2px 10px;">52,5 x OD</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 10px;">0°C</td> <td style="padding: 2px 10px;">75 x OD</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; margin-top: 5px;">Gilt für Rohrreihen ≤ SDR 26</p>	20°C	30 x OD	10°C	52,5 x OD	0°C	75 x OD
20°C	30 x OD						
10°C	52,5 x OD						
0°C	75 x OD						
<p>Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.</p>							
<p>DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Fügen von Kunststoffen“</p>							

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers