

Herzlich Willkommen

---

**Erdwärmesonden:  
Handling von Rohrmaterial  
und Schweißungen  
auf der Baustelle**

**Referent: Hubert Graf, GF-Tec GmbH**

# Vortragsinhalt

- **Kurze Vorstellung**
- **Sondenmaterialien und deren Handling**
  - Eigenschaften und Merkmale von HDPE**
  - Kriterien zum Umgang mit dem Material HDPE**
- **Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)**
  - Schweißverfahren**
  - Elektroschweißung**
  - Schweißfehler und deren Auswirkungen**
- **Zusammenfassung / Fazit**

# Kurze Vorstellung

## Hubert Graf (kurze Vita):

- **1995 Abschluss des Studiums als Dipl. Ing. Maschinenbau mit den Studienschwerpunkt Energietechnik**
- **1995-1998 Klinger GmbH, Idstein: Keyaccount - Kundenbetreuung**  
Beratung und Verkauf von Armaturen und Dichtungen im Bereich Fernwärme und Gasversorgung
- **1998-2004 FRANK GmbH, Mörfelden: Produktmanager und Abteilungsleiter**  
Entwicklung und Markteinführung der FRANK Erdwärmesondensystems und eines Durchflussmengenmessers für Fußbodenheizungen.
- **seit 2004 GF-Tec GmbH, Büttelborn / Rodgau: Geschäftsführer / Mitinhaber**
- **seit Anfang 2006 Sprecher des Beirates Planung und Ausführung im BWP**
- **seit Mitte 2006 Sprecher der Gütesiegelkommission**  
(Gütesiegel Erdwärmesonden-Bohrfirmen – Träger: figawa, DVGW, BWP und GTV)
- **seit November 2006 Vorstandsmitglied im BWP**

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26.September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Kurze Vorstellung

## GF-Tec GmbH:

- Entwicklung, Konstruktion und Fertigung aus einer Hand



# Kurze Vorstellung

## GF-Tec GmbH:

- Entwicklung, Herstellung und Vertrieb (OEM) von Erdwärmekomponenten



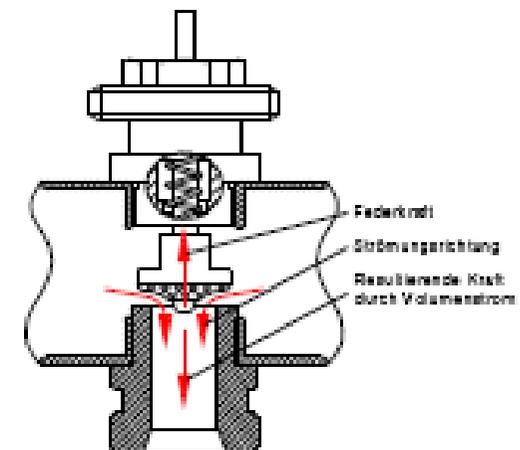
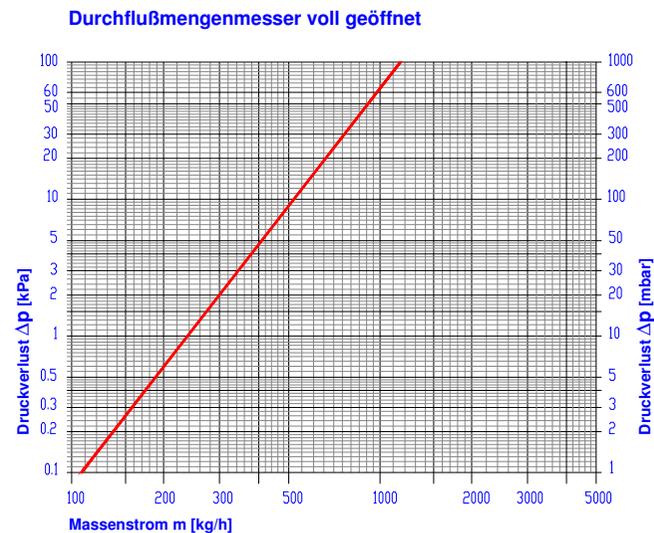
Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Kurze Vorstellung

## GF-Tec GmbH:

- Entwicklung, Herstellung und Vertrieb (OEM) von Ventilen und Durchflussmessern in Verteilern.



# Vortragsinhalt



## Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling Eigenschaften und Merkmale von HDPE



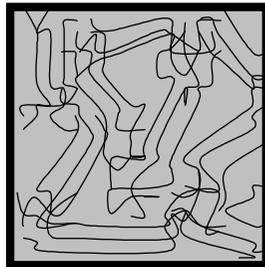
Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26.September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Eigenschaften und Merkmale von HDPE

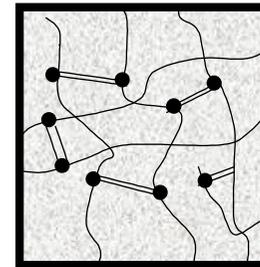
### Grundlagen und Begriffe: Molekularer Aufbau



**teilkristalline  
Molekülstruktur**  
(teilweise geordnete  
Struktur)

**PE**

Polyethylen



**Vernetzte  
Molekülstruktur**  
(Bindung)

**PE-X**

Vernetztes Polyethylen

Quelle und Grafik: Georg Fischer

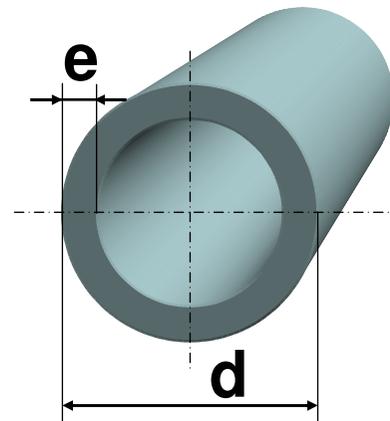
Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Eigenschaften und Merkmale von HDPE

### Grundlagen und Begriffe: SDR-Klassifizierung



**d = Rohrdurchmesser**  
**e = Wanddicke**

### **Standard Dimension Ratio**

Verhältnis von Rohrdurchmesser zu Wanddicke

**SDR = d / e** (Dimensionsloser Wert)

**Beispiel: SDR von 110 mm / 10 mm = 11**

Quelle und Grafik: Georg Fischer

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Eigenschaften und Merkmale von HDPE

### Grundlagen und Begriffe: SDR-Klassifizierung

**Tabelle 12: Gasverteilung – SDR-Reihen – zul. Bauteilbetriebsdrücke**

	PE 80	PE-Xa	PE 100
SDR 11	4 bar <sup>1)</sup>	8 bar	10 bar
SDR 17	1 bar <sup>1)</sup>	–	4 bar <sup>1)</sup>
SDR 17,6	1 bar <sup>1)</sup>	–	–

1) In DIN EN 12007-1 werden statt den hier angegebenen Druckstufen von 1 bar bzw. 4 bar Druckintervalle mit Obergrenzen bei 2 bar bzw. 5 bar genannt. Im DVGW-Arbeitsblatt G 472 sind entsprechend höhere Druckstufen bislang nicht berücksichtigt worden. Eine nachträgliche Druckerhöhung an bestehenden Netzen ist grundsätzlich nur nach eingehender Risikoabwägung durch den Netzverantwortlichen möglich.

**Tabelle 13: Wasserverteilung – SDR-Reihen – zul. Bauteilbetriebsdrücke**

	PE 80	PE-Xa	PE 100
SDR 7,4	20 bar	20 bar	–
SDR 11	12,5 bar	12,5 bar	16 bar
SDR 17	–	–	10 bar

Quelle : DVGW Information Nr. 17

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Eigenschaften und Merkmale von HDPE

### Grundlagen und Begriffe: Rohrkenzeichnung

<b>Herstellerzeichen</b>	xyz (Logo, Name etc.)		
<b>DVGW-Prüfzeichen mit Registernummer und/oder GKR-Gütezeichen</b>	z.B. DVGW		
<b>Produktnorm</b>	Gasrohre DIN EN 1555	Trinkwasserrohr DIN EN 12201	Erdwärme HR3.26
<b>Medium</b>	G	TW	EWS / Erdwärme...
<b>Werkstoffbezeichnung</b>	z.B. PE 100		
<b>Durchmesser-Wanddicken-Verhältnis (SDR)</b>	z.B. SDR 11		
<b>Außendurchmesser x Wanddicke</b>	z.B. 32 x 2,9		
<b>Toleranz des Grenzmaßes</b>	Grad B		
<b>Herstelldatum</b>	Tag / Monat / Jahr		
<b>Maschinenummer</b>	z.B. M 3 (interne Bezeichnung Hersteller)		

Quelle: Georg Fischer

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden, ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Eigenschaften und Merkmale von HDPE

### Vorteile von PE

- **Korrosionsfestigkeit**
- **geringes Gewicht**
- **dauerhaft glatte Innen- und Oberfläche**
- **hohe Flexibilität - Rollenmaterial**
- **Quetschen der PE-Rohre möglich**
- **kein kathodischer Korrosionsschutz erforderlich**

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Eigenschaften und Merkmale von HDPE

### **Nachteile** von PE

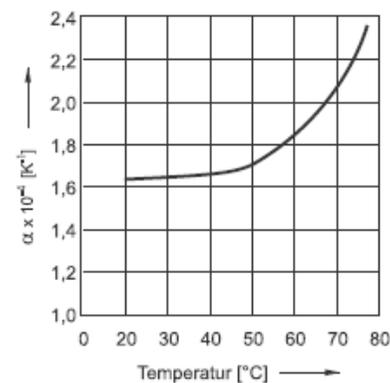
- **Grössere Empfindlichkeit des Werkstoffes gegen**
  - **Temperaturschwankungen**
  - **mechanische Belastungen**
  - **Ovalität, Riefen**
  
- **Anfangs höhere Werkzeuginvestitionen für eine einwandfreie Montage notwendig**

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Eigenschaften und Merkmale von HDPE

### Wärmeausdehnung von HDPE

Material	Rohrlänge L [m]	Temperaturänderung $\Delta\theta$ [K]	linearer Längenausdehnungskoeffizient $\alpha$ [mm/m • 1/K]	Längenänderung $\Delta L$ [mm]
Stahl	10	10	0,012	1,2
PVC-U	10	10	0,08	8
PE 80/100	10	10	0,20	20



Grafik: FRANK GmbH

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Mindestbiegeradien bei HDPE - Rohren

Zulässiger Mindestbiegeradien von PE Rohren nach DIN 8074/8075 bei Rohrwand -  
temperaturen von 20°C liegt bei Rohren der **SDR 11** Klasse bei **25 x d**.

Bei einer Rohrwandtemperatur von 0°C sind die Werte mit dem Faktor 2,5 zu  
multiplizieren; bei Rohrwandtemperaturen zwischen 0 und 20 °C kann der jeweils zulässige  
Biegeradius durch lineare Interpolation ermittelt werden.



Hier wurden Rohre D40 bei unter 0°C verbaut. -> Mindestbiegeradius  $40 \text{ mm} \times 25 \times 2,5 = 1000 \text{ mm} \times 2,5 = 2,5 \text{ m}$

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Lagerung und Handling von HDPE - Rohren

Bei der Lagerung von Rohren und Formteilen sind die nachstehend angeführten Vorschriften einzuhalten, um eine Qualitätsminderung zu vermeiden:

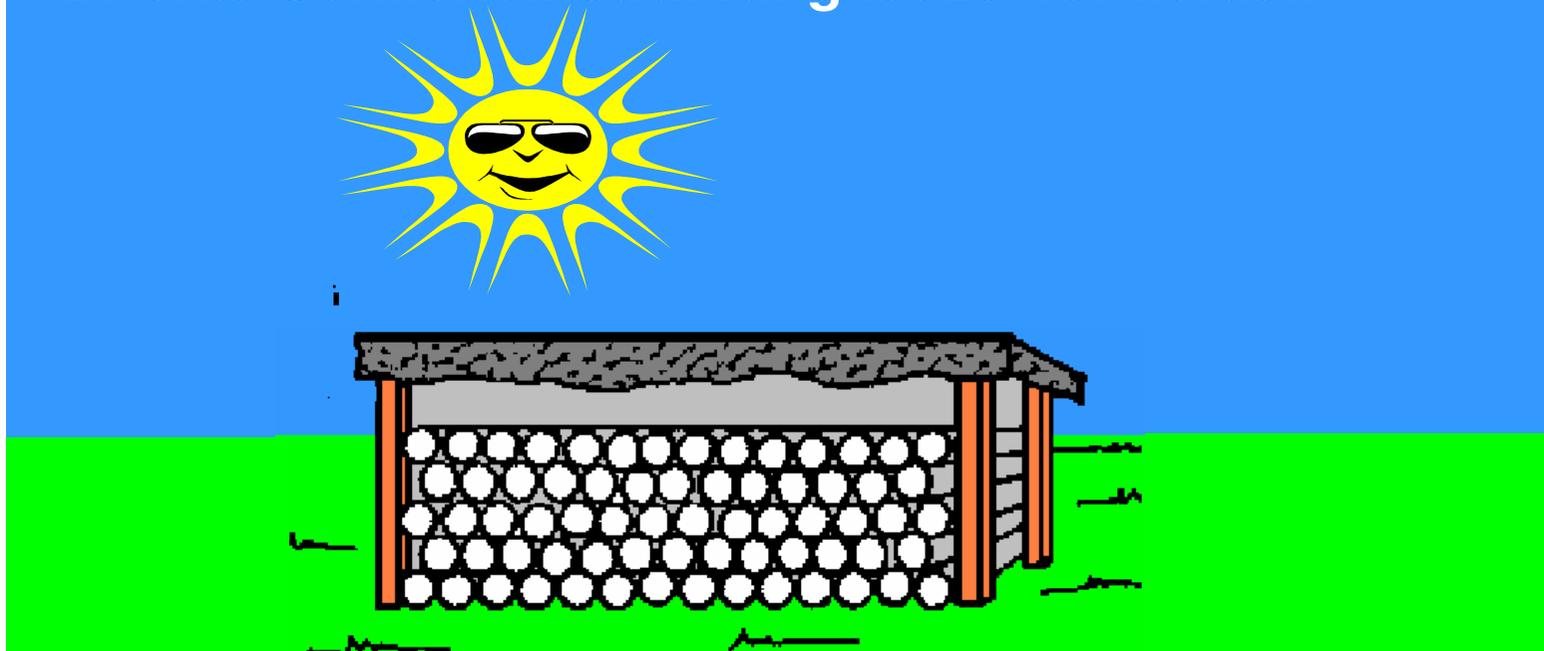
- Die Lagerfläche muss eben und frei von Unrat wie Steinen, Schrauben, Nägeln, etc. sein. Beim Transport ist unbedingt darauf zu achten, dass die Rohre unbeschädigt bleiben und keine Beschädigungen der Oberfläche (Kratzer, Riefen, ...) entstehen (z.B. durch Schleifen von Rohren).
- Schlag- und Biegebeanspruchungen insbesondere bei Temperaturen  $< 0^{\circ}\text{C}$  sind zu vermeiden..
- Sämtliche Rohre sind so zu lagern und zu behandeln, dass sie innen nicht verunreinigt werden können. Mitgelieferte Verschlusskappen sind erst kurz vor dem Einbau zu entfernen.
- Die Rohre dürfen nicht mit Treibstoffen, Lösungsmitteln, Ölen, Fetten, Farben oder Wärmequellen in Berührung kommen.

# Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Lagerung von HDPE-Rohren

- PE 80 / PE 100: max. Lagerzeit 1 Jahr (DVGW G 472)
- Direkte Sonneneinstrahlung ist zu vermeiden



Quelle und Grafik: Georg Fischer

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Vortragsinhalt



## Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden) Kriterien zum Umgang mit dem Material PE



Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26.September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Grundlagen und Begriffe: Schweißverfahren

- **Muffenschweißung**
- **Stumpfschweißung**
- **Elektroschweißung**
- **IR - Schweißung (Infrarot-Schweißung)**
- **WNF - Schweißung (Wulst- und Nutfreie Schweißung)**

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Elektroschweißung: Funktionsprinzip

- Einem Elektroschweißfitting wird über ein Schweißgerät elektrische Energie zugeführt. Die Heizwendel setzt die elektrische Energie in Wärmeenergie um, wobei die benachbarten Oberflächen von Fitting und Rohr erwärmt und plastifiziert werden.
- der notwendige Schweißdruck wird durch die gezielte Anordnung der Kaltzonen im Fitting aufgebaut



Bildquelle: Georg Fischer

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

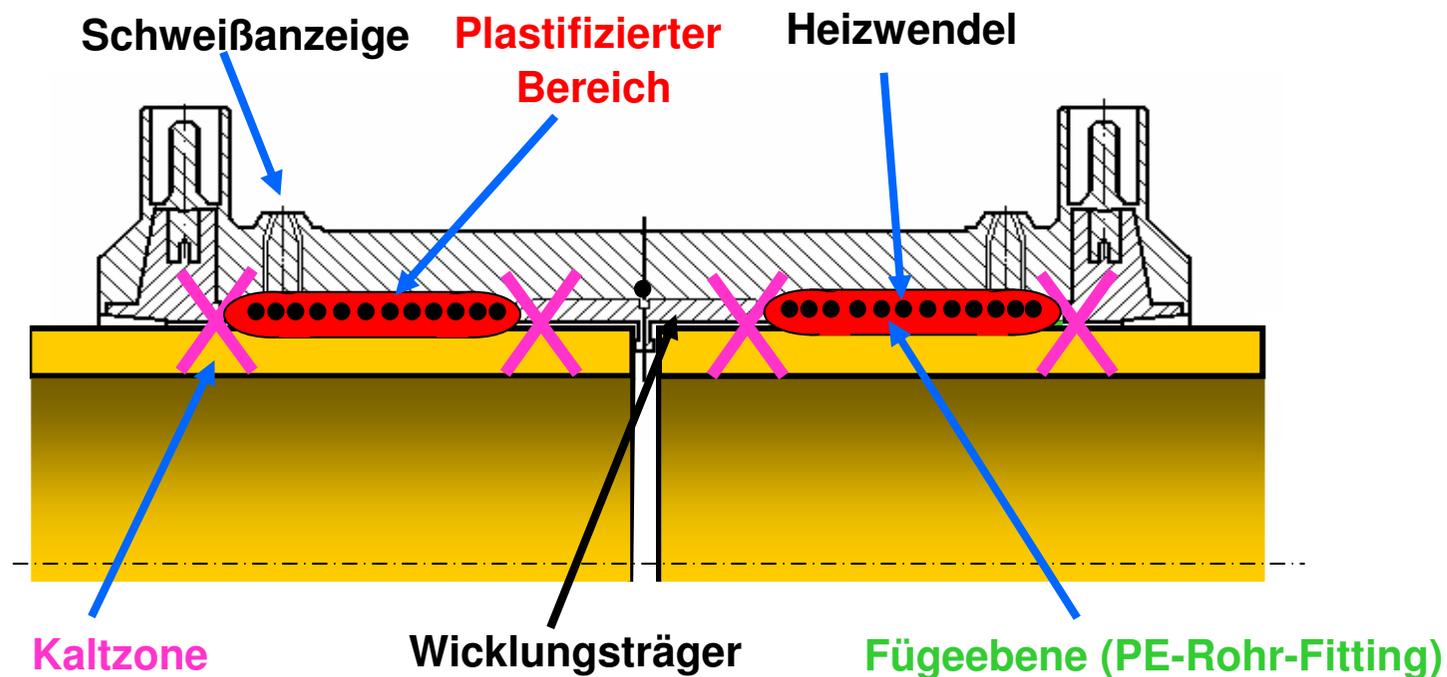
Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Elektroschweißung: Funktionsprinzip

- Aufbau eines Elektroschweißfittings



Quelle und Grafik: Georg Fischer

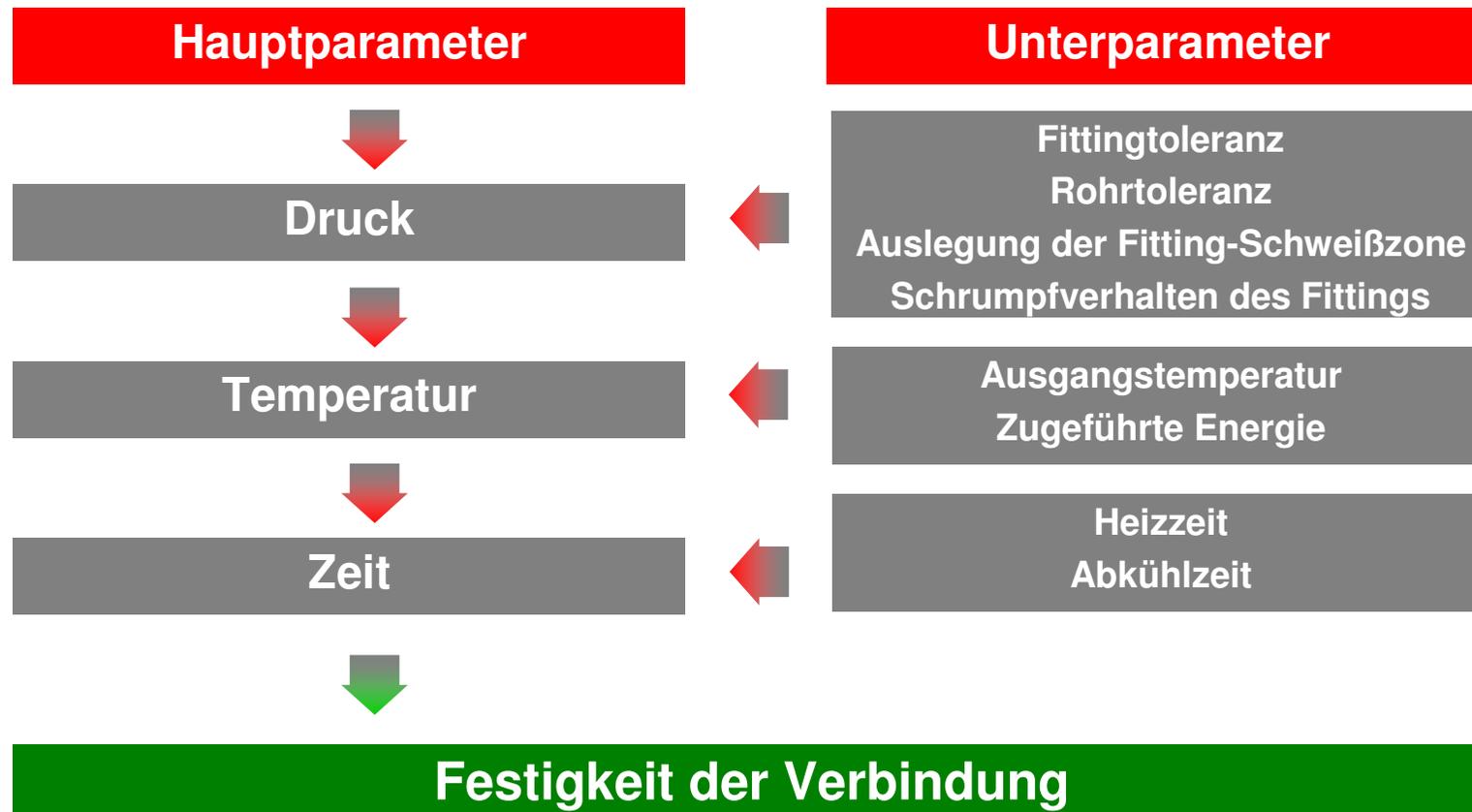
Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

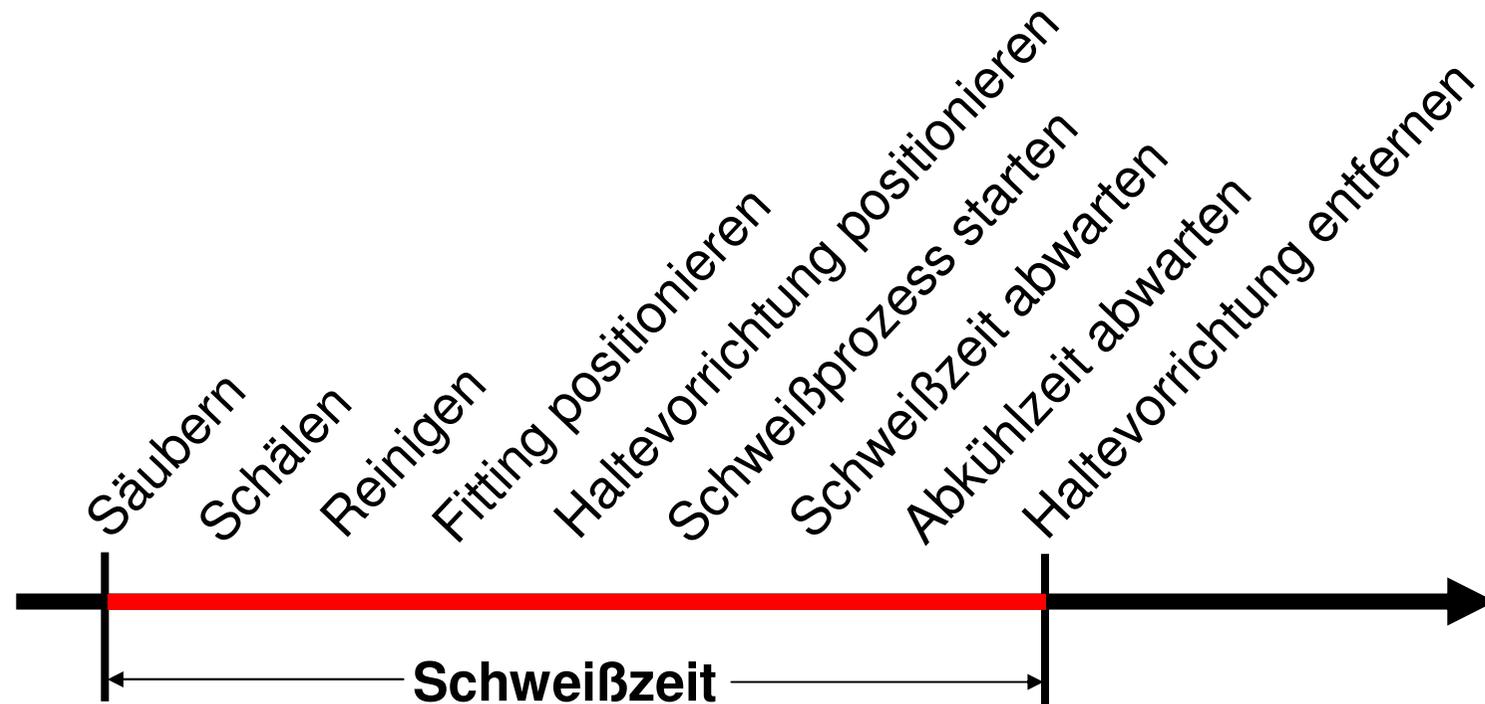
### Elektroschweißung: Funktionsprinzip



# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Elektroschweißung: Schweißvorgang



**Während dieser Zeit muss der Schweißer  
den Schweißort beaufsichtigen !**

Grafik: Georg Fischer

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Elektroschweißung: zuschneiden, säubern, schälen, reinigen

- Rohr entsprechend zuschneiden. Hierbei ist einen rechtwinkliger Schnitt zur Rohrachse gefordert. ⇒ Rohrabschneider verwenden
- Rohr großflächig säubern
- Rohr mit rotierendem Schälgerät schälen.
- Mit Tangit KS-Reiniger gezieltes Reinigen der Schweißfläche



Bilder: Georg Fischer

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Elektroschweißung: Schweißnahtvorbereitung

- Nach DVS 2207-1 wird für eine ordnungsgemäße Elektroschweißung gefordert:

**Die zu schweißenden Flächen von PE-Rohrenden sind während der Schweißung und während der Abkühlphase gegen Lageänderung zu sichern.**



- **Schweißprozess starten ⇒ Schweißzeit abwarten ⇒ Abkühlzeit abwarten**  
⇒ Haltevorrichtung demontieren

Bilder: Georg Fischer

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Schweißfehler und deren Auswirkungen

- **Baustelle - Schweißbereich**
  - **Schutz des Schweißbereich vor Regen, Schnee oder Wind mittels Schweißschirm oder Zelt**
  - **Gleiche Temperatur der Rohrleitungsteile (Rohr – Fitting)**
  - **Temperaturen im Arbeitsumfeld  $>5^{\circ}\text{C}$  bis  $45^{\circ}\text{C}$**
  - **PE-Reiniger darf nicht vereisen (Vorsicht bei Temperaturen  $<5^{\circ}\text{C}$ )**



Bilder: Georg Fischer

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

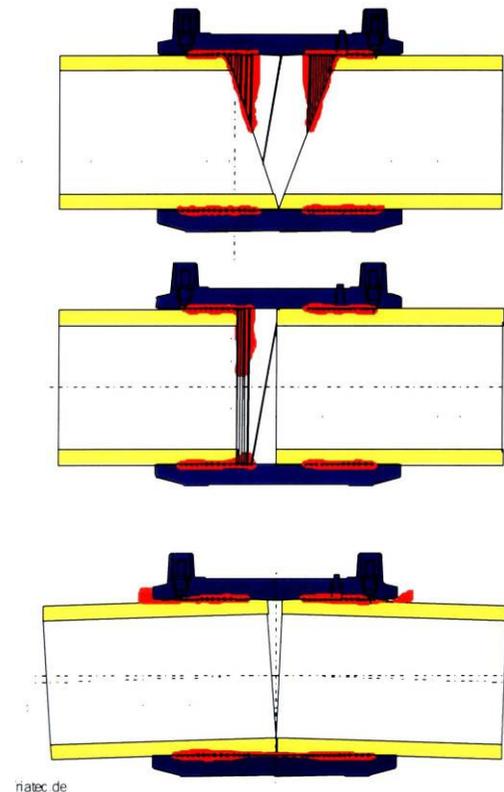
### Schweißfehler und deren Auswirkungen

- Auswirkungen von Montagefehlern

- Schräges Ablängen

- Zu geringe Einstecktiefe

- Einbau unter Spannung



riatec.de

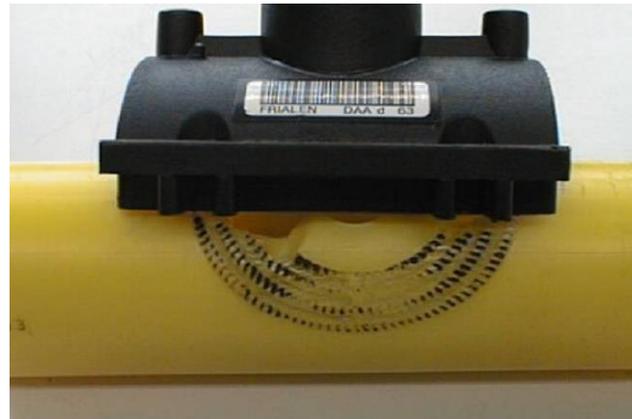
Quelle und Grafik: Georg Fischer

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Schweißfehler und deren Auswirkungen

- nicht entfernte Oxidschicht



Bilder: SKZ Würzburg

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Schweißfehler und deren Auswirkungen

#### ➤ Schräg eingesteckte Rohre



Bilder: SKZ Würzburg

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

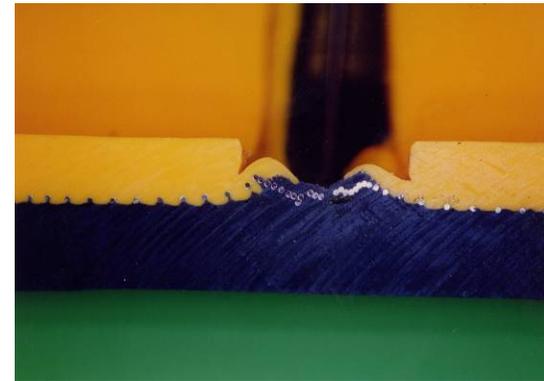
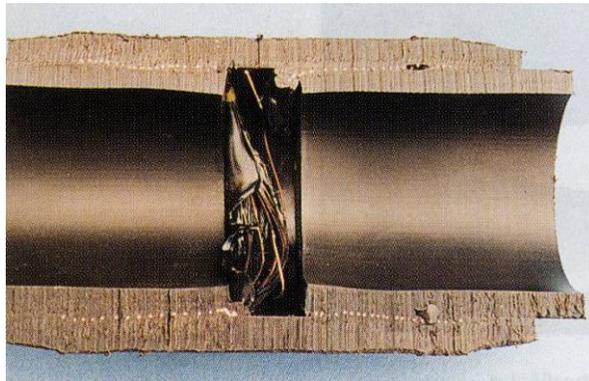
Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Schweißfehler und deren Auswirkungen

#### ➤ Einstecktiefe



Bilder: SKZ Würzburg

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26.September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Schweißfehler und deren Auswirkungen

#### ➤ Schweißenergie



Bild: SKZ Würzburg

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

## Kriterien zum Umgang mit dem Material PE

### Schweißfehler und deren Auswirkungen

#### ➤ Schmutz und Fremdkörper



Bilder: SKZ Würzburg

Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Zusammenfassung / Fazit



## Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling



Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26.September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Zusammenfassung / Fazit

## Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

- **Beim Umgang mit PE-Rohren immer darauf achten, dass das Rohr keine Kratzer oder Riefen bekommt !**
- **Einflüsse der Temperaturen und Sonneneinstrahlung auf das Rohr (Längenänderung, mechanische Eigenschaften) beachten !**
- **Rohr dürfen nicht mit Treibstoffen, Lösungsmitteln, Ölen, Fetten, Farben oder Wärmequellen in Berührung kommen !**
- **Mindestbiegeradien beachten !**

# Zusammenfassung / Fazit

## Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

### **Was bedeutet dies im Hinblick auf Erdwärmesonden ?**

- **Das Rohr sollte vor dem Einbau unbedingt optisch überprüft werden. (Kratzer, Riefen oder andere Schädigungen)**
- **Schützen Sie bei Lagerung, Transport und Einbau das Rohr vor äußeren Einflüssen**
- **So stellen Sie sicher, dass die Sonde und somit die zu erstellende Wärmequelle die Voraussetzung für eine lange Lebensdauer erfüllt.**

# Zusammenfassung / Fazit

## Erdwärmesondenmaterialien und deren Handling

### **Was bedeutet dies im Hinblick auf Erdwärmesonden ?**

- **Die Krafteinleitung beim Abteufen der Sonden ist am Sondenfuß, da hier die Rohre verbunden sind, Gewichte angebracht werden, Schubgestänge die Sonde eindrücken etc.**
- **Der Sondenfuß ist die Stelle, die beim Einbringen der Sonde, durch die Bohrlochwandung und eventuell hervorstehende Steine etc., Gegenkräfte aufnehmen muss !**
- **Das Sondenrohr sollte am Sondenfuß besonders geschützt werden, da hier die größte Belastung auf die Sonde einwirkt. Kräfte sollten hier absorbiert und das Rohr geschützt werden. Insbesondere, da PE ein Kurzzeit- und ein Langzeitverhalten besitzt und Beschädigungen sich erst nach Wochen auswirken. Somit kann es, trotz erfolgreicher Druckprobe beim Einbau, später zu Undichtigkeiten führen.**

# Zusammenfassung / Fazit



## Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)



Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden,, ; 26.September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohrmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

# Zusammenfassung / Fazit

## Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

- **Richtige Vorbereitung bzgl. der Schweißung !  
(Schweißplatzvorbereitung, Rohrablängung etc.)**
- **Rohr säubern, Oxidschicht entfernen, Rohr reinigen !**
- **Rohr fixieren, schweißen  
(dabei unbedingt Schweißzeit und Abkühlzeit beachten) !**
- **Beachten, dass die Arbeitsumfelds- und Materialtemperatur  $> 5^{\circ}\text{C}$   
und  $< 45^{\circ}$  sind, gegebenenfalls muss im beheiztem Zelt geschweißt  
werden !**
- **Schweißstelle vor direkter Sonneneinstrahlung schützen.  
(Längenausdehnung und Plastifizierung des Rohres durch Wärme)**
- **Schweißung nur durch entsprechend ausgebildetes Personal  
und entsprechend den Normvorgaben durchführen !**

# Zusammenfassung / Fazit

## Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

### **Was bedeutet dies im Hinblick auf Erdwärmesonden ?**

- **Das Anschweißen von Sondenfüßen bzw. das Verlängern von Erdwärmesonden auf der Baustelle ist, insofern die entsprechenden Arbeitsschritte normgerecht und von ausgebildeten Personal durchgeführt wurden, ohne weiteres durchführbar.**
- **Prinzipiell stellt sich jedoch die Frage, ob der zu betreibende Aufwand, der zwingend erforderlich ist, um die geforderten Qualitätskriterien zu erfüllen, im Verhältnis zu seinem Nutzen steht. Die gilt insbesondere wenn die Außentemperaturen bei  $< 5^{\circ}\text{C}$  liegen.**

# Zusammenfassung / Fazit

## Schweißen von PE-Rohren (Erdwärmesonden)

### Was bedeutet dies im Hinblick auf Erdwärmesonden ?

- **Es ist abzuwägen, ob der Einsatz von Fertigsonden insgesamt gesehen nicht sinnvoller ist. Zumal im Schadensfall die Gewährleistung hier klar geregelt ist. Material und die Schweißungen sind unter konstanten, protokollierten Bedingungen entsprechend den Kriterien der HR 3.26 des SKZ Würzburg hergestellt und unterliegen einer Eigen- und Fremdüberwachung.**



Bild: pumpenboese - SBF HAGUSTA

# Sondenmaterial und Schweißungen auf der Baustelle

Referent Hubert Graf



**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit.**



Fortbildungsveranstaltung "Qualitätssicherung bei der Errichtung von Erdwärmesonden," ; 26. September ; Idstein

Erdwärmesonden: Handling von Rohmaterial und Schweißungen auf der Baustelle