

Qualitätssicherung bei Erdwärmesonden: Gütesiegel, BAFU-Vollzugshilfe, SIA 384/6

Dr. Walter J. Eugster

Polydynamics Engineering, 8048 Zürich
Projektleiter Gütesiegel für EWS-Bohrfirmen (FWS)
info@polydynamics.ch



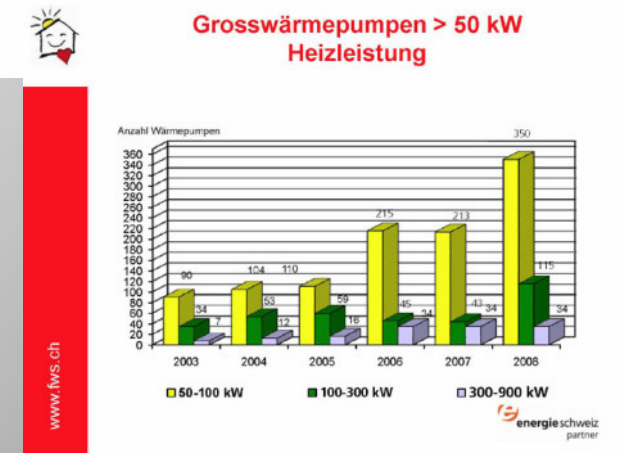
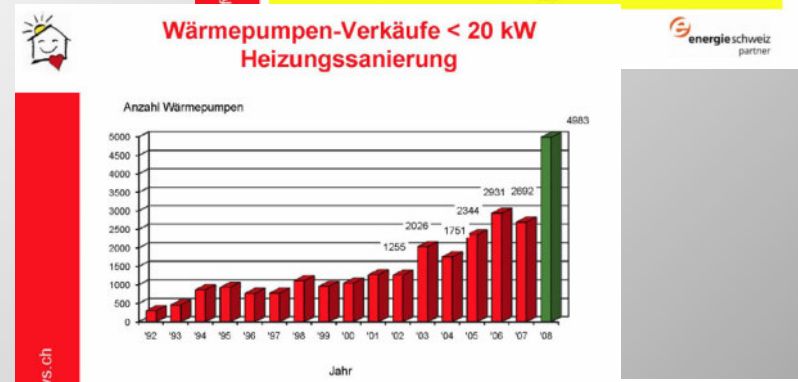
Inhalt:

- Überblick Wärmepumpen in der Schweiz
- Qualitätssicherung in der Schweiz
- Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen
- BAFU-Vollzugshilfe
- SIA-Norm 384/6 Erdwärmesonden
- Schlussbemerkung



Überblick Wärmepumpen in der Schweiz

- 150'000 WP-Anlagen in der Schweiz
davon ca. 45% Sole-Wasser-Anlagen
ca. 50% Luft-Wasser-Anlagen
Rest: Wasser-Wasser-Anlagen
- Sole-Wasser-Anlagen: überwiegend mit Erdwärmesonden
- Kaum Direktverdampfer-Anlagen
- Kaum Horizontalregister
- Kaum Wärmerohre
- Sanierungsmarkt vergrössert sich stetig
- Zunahme von „Gross-Anlagen“



Qualitätssicherung in der Schweiz

- DACH-Gütesiegel für Wärmepumpen
 - etabliert
 - Basis für Subventionen/Beihilfen etc.
 - wird renoviert
- FWS-Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen
 - Erfolg in der Branche
 - Endkunden verlangen Gütesiegel
 - Vergünstigungen sind an Gütesiegel gebunden
- Kein Gütesiegel für Installateure / Planer
 - SIA-Norm 384/6, BAFU-Praxishilfe
- FWS Fachpartner mit Zertifikat (Installateure)



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

- **Trägerschaft**
Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS
Schweiz. Vereinigung für Geothermie SVG/SSG
(Geothermie.ch)
- **Finanzierung:**
 - Mitgliederbeiträge FWS
 - EnergieSchweiz (bis 2010)
- **Gegenstand:**
 - Beratung Bauherren
 - Bau von Erdwärmesonden



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Gütesiegel-Bohrfirmen garantieren:

- einen hohen Kundennutzen und optimale Beratung der Bauherrschaft
 - eine umweltschonende Erstellung der Anlage
 - den Einsatz von Bohrtechnologien, die dem Gewässer- und Grundwasserschutz Rechnung tragen
 - dass die Bohrungen nach dem neusten Stand der Technik abgeteuft werden
 - den Einsatz von technisch hochwertigem Erdwärmesondenmaterial
 - eine grösstmögliche Sicherheit auf der Baustelle
-
- Regelmässige fachliche Weiterbildung des Bohrpersonals



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Gütesiegelkommission:

- Besteht aus Vertretern von Bohrfirmen, Behörden, Trägerschaft, Fachleuten
- Prüft Gütesiegelanträge
- Führt Audits durch
- Kontrolliert die Gütesiegelinhaber (Stichproben)
- Vergibt die Gütesiegel
- Organisiert die Weiterbildung der Bohrleute



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Gütesiegelreglement:

1. Alle notwendigen kantonalen und kommunalen Bewilligungen werden eingefordert. Die Bohrunternehmung informiert den Auftraggeber über die Deckung möglicher technischer und Baugrundrisiken sowie über die vorhandenen Versicherungen.
2. Die Bohrfirma führt einen einfachen Plausibilitätscheck betreffend Erdwärmesondenlänge und –abstand durch
3. Kann die geforderte Bohrtiefe nicht erreicht werden, so ist vor Aufteilung in mehrere Bohrungen der Auftraggeber und die zuständige Behörde zu konsultieren.
4. Die Bohrunternehmung stellt sicher, dass die erdverlegten Werkleitungen und Untertagebauwerke durch die Bauherrschaft oder deren Beauftragten vor Beginn abgeklärt werden.
5. Vor Bohrbeginn wird der Bewilligungsbehörde und dem beauftragten Geologen der Ausführungstermin mitgeteilt.



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Gütesiegelreglement:

6. Folgende Unterlagen müssen zwingend auf der Baustelle vorhanden sein:
 - Gewässerschutzrechtliche Bewilligung inkl. allfälliger Auflagen.
 - Notfallliste
 - Wichtige Telefonnummern der kantonalen Behörden und des zuständigen Geologen
7. Für die Aufnahme des Bohrprofils werden gemäss den Weisungen der zuständigen Behörde Proben von Bohrklein entnommen.
8. Nach Abschluss der Bohrarbeiten wird ein vollständiges Bohrprotokoll erstellt und dem für die Bohraufnahme beauftragten Geologen und der zuständigen Behörde zugestellt.
9. Die Bohrfirma setzt nur Bohrgeräte und -verfahren ein, die für den anstehenden Baugrund geeignet sind.
10. Das eingesetzte Bohrgerät ist mit allen erforderlichen Materialien für die Intervention im Störfall ausgerüstet. Insbesondere ist den Gefährdungsbildern artesisch gespanntes Grundwasser und Gaszutritt Beachtung zu schenken. Das bereitgestellte Material muss auf das Bohrgerät und die eingesetzte Bohrmethode abgestimmt sein.



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Gütesiegelreglement:

11. Die Baustellen-Signalisation und das für den Störfall notwendige Absperrmaterial befindet sich auf der Baustelle.
12. Die Erdwärmesonde ist ohne Verzug nach Einsetzen in das Bohrloch vom Bohrlochfuss her mit einer aushärtenden und frostbeständigen Suspension bis zur Oberfläche vollständig und lückenlos zu hinterfüllen. Die Hinterfüllung ist über ein beim Sondenfuss befestigtes, im Bohrloch verbleibendes zusätzliches Rohr vorzunehmen.
13. Pro Bohrgerät muss eine Injektionsanlage auf Platz sein. Die Verrohrung wird erst nach erfolgter Hinterfüllung gezogen.
14. Es werden EWS aus PE-100 SDR-11 mit Werkschweissung eingesetzt. Das komplette vertikale Erdwärmesondensystem muss den Qualitätskriterien gemäss HR 3.26, des SKZ, D-Würzburg entsprechen. Die Einsatzgrenzen des Materials sind einzuhalten.
15. Einbau der Erdwärmesonde: Die EWS muss ab Haspel kontrolliert, d.h. gebremst ins Bohrloch eingebaut werden. Die EWS muss vor der Injektion mit Wasser gefüllt und verschlossen werden (z.B. Gewindezapfen).



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Gütesiegelreglement:

16. Nach erfolgter Hinterfüllung wird eine Durchflussprüfung durchgeführt und protokolliert. Die Druckendprüfung wird nach der angepassten SN EN 805 für vertikale Erdwärmesonden durchgeführt und protokolliert.
17. Der Geräteführer und sein Stellvertreter beherrschen das eingesetzte Bohrgerät und Bohrverfahren. Der verantwortliche Geräteführer ist zu bezeichnen.
18. Der verantwortliche Geräteführer hält den chronologischen Ablauf der Bohrarbeiten schriftlich fest.
19. Die Bohrequipe ist für unvorhergesehene Ereignisse vorbereitet, ausgebildet und weiss wo die Notfall-Nummern zu finden sind. Sie kennt die möglichen Gefährdungsbilder und kann eine Erstintervention korrekt mit dem auf der Bohrstelle vorhandenen Material durchführen. Der Geräteführer organisiert die notwendigen Absperrungen und informiert die zuständige Behörde und den beauftragten Geologen.
20. Die Bohrunternehmung verpflichtet sich zu regelmässiger Fort- und Weiterbildung ihres Bohrpersonals.



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Gütesiegelreglement:

21. Sämtliche Arbeiten werden unter Einhaltung der geltenden Umweltschutzbestimmungen ausgeführt.
22. Sämtliche umweltrelevanten Erkenntnisse wie das Antreffen von gespanntem, ev. artesischem Grundwasser, Gaszutritte, Kavitäten, das Erbohren von Altlasten oder Ölschiefen, etc. werden sofort dem zuständigen Geologen und der zuständigen Behörde gemeldet.
23. Besondere Beachtung wird den hydrogeologischen Verhältnissen geschenkt. Werden Aquifere angetroffen oder wird Grundwasser auf mehreren Stockwerken angefahren, informiert die Unternehmung vor Einbau der Erdwärmesonde den zuständigen Geologen und die Bewilligungsbehörde. Diese legen das weitere Vorgehen und die Art und Weise der Hinterfüllung des Bohrlochringraumes fest.
24. Bei Spülbohrungen werden nur Stützmittel ohne Umweltgefährdung eingesetzt.
25. Der anfallende Bohrschlamm ist fachgerecht zu entsorgen.



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Weiterbildung:

- 1 Weiterbildungstag alle 1-2 Jahre, obligatorisch für Geräteführer und –Stellvertreter
 - Vorschriften, Gesetze
 - Sondenprüfung und –tests
 - Hinterfüllung
 - Vorgehen bei Störfällen



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Erwartungen der Gütesiegelkommission:

- Bohrplatz-Vorbereitung:
Platzbedarf für Bohrgerät, Kompressor, Mulden; Wasser- und Stromanschluss; Schutz der Gebäudefassaden, Verpflockung der Bohrpunkte.
- Bohrbeginn melden (Kanton; Geologe sofern verlangt).
- Bohrplatzinstallation, Anschlüsse, Kontrollen, Festhalten von Bauschäden.
- Bohren mit Luft-, Wasser-, Tonspülung. Verrohrung bis auf Fels.
- Bei Störfällen: Korrekte Erstintervention.
- Sonde für die Installation vorbereiten: Druckluftprüfung (Transportschäden), Befestigen des Injektionsschlauches am Sondenfuss.



FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Erwartungen der Gütesiegelkommission:

- Installation der Sonde mit Hilfe einer Haspel. Gebremster Sondeneinbau! Falls Wasser im Bohrloch: Sonde mit Wasser füllen.
- Hinterfüllen der Sonde mit geeigneter Pumpe durch den Injektionsschlauch vom Sondenfuss her bis zur Oberfläche gemäss den Vorschriften des Gütesiegelreglementes.
- Suspension: FWS Standardmischung oder Fertigmischungen (K-InjektTherm, BTD-Füller, Thermocem, Schwenk etc.)
- Verrohrung entfernen.
- Evtl. Hauszuleitung mit Y-Verbindungsstück anschweissen.
- Durchflussprüfung und Druckprüfung nach DIN EN 805 bzw. SIA 384/6 durchführen.
- Übergabe der Sonde(n) an die Bauherrschaft (Abnahmeprotokoll komplett vervollständigen).



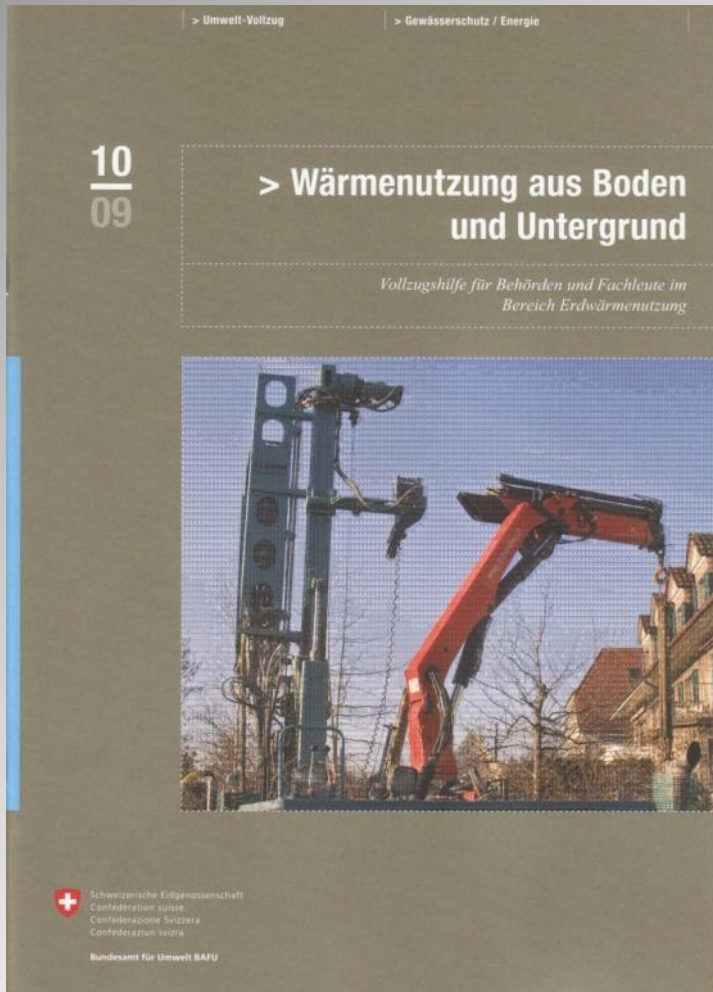
FWS Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen

Erwartungen der Gütesiegelkommission:

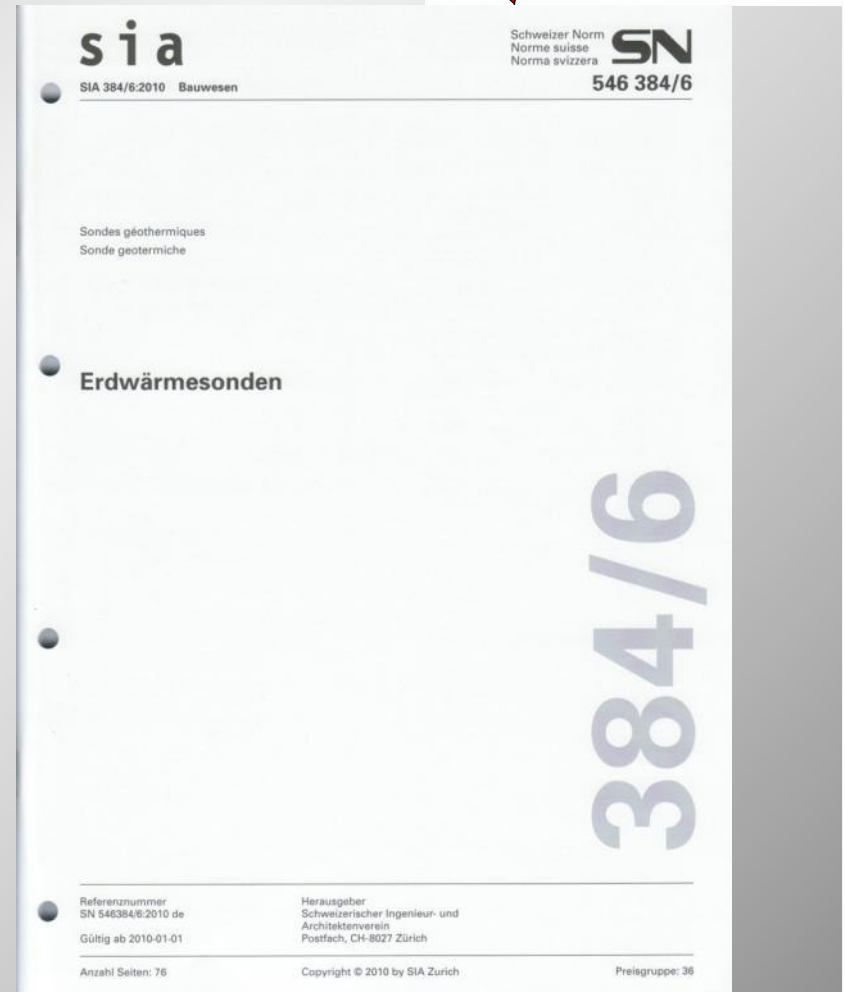
- Bohrprotokoll vervollständigen.
- Schützen und Bezeichnen der offen liegenden Sondenenden.
- Evtl. Bauschäden der Bauherrschaft melden (Fotos, Aktennotiz).
- Deinstallation des Bohrplatzes: Platz reinigen, Gebäudeschutz entfernen, Fahrspuren beseitigen, Mulde abholen lassen, Strom- und Wasseranschluss abbauen.



Qualitätssicherung bei Erdwärmesonden



Vorschriften aus Sicht des Gewässerschutzes

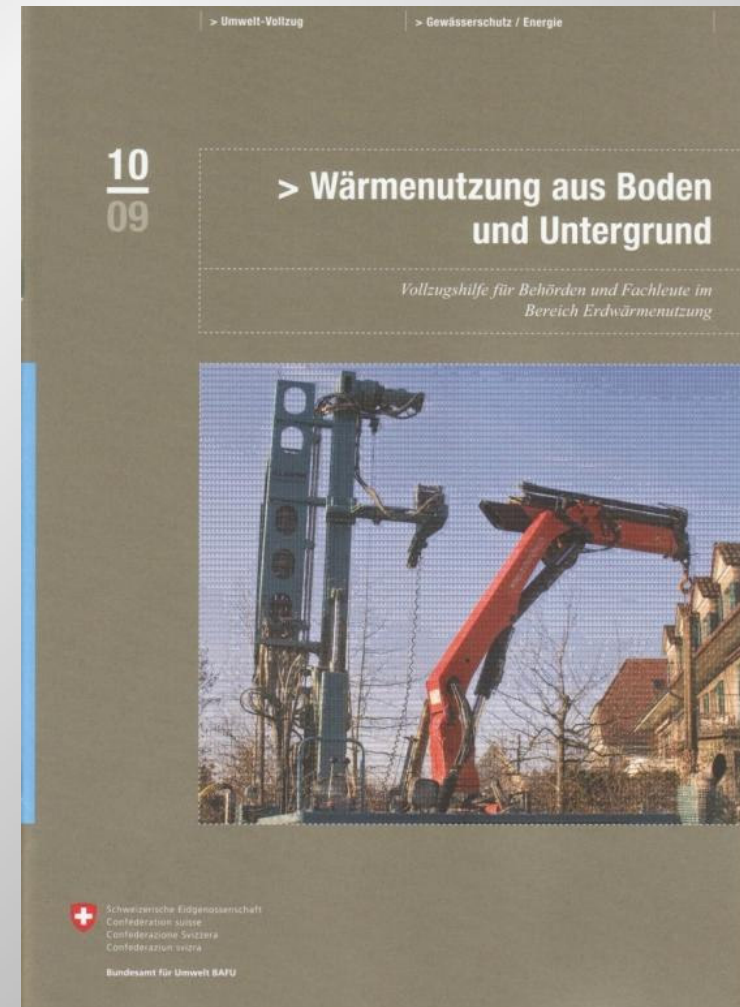


Vorschriften aus Sicht der Technik zur Gewährleistung eines sicheren Betriebes über die gesamte Lebensdauer



BAFU-Praxishilfe „Wärmenutzung aus Boden und Untergrund“

- **Rechtsgrundlage:**
u.a. Gewässerschutzgesetz
- **Zweck:**
 - Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute
 - Aufzeigen von rechtskonformen Lösungen
- **Gegenstand:**
 - Erdwärmesonden
 - Erdregister, Wärmekörbe, Energiepfähle
 - Grundwasserwärmenutzung



BAFU-Praxishilfe „Wärmenutzung aus Boden und Untergrund“

Inhalt (bezüglich EWS):

- Empfehlungen an die kantonale Gewässerschutzbehörden:
- Formulierung von Standardauflagen als Bewilligungsbeilage (Bau- und Betriebsphase; Stilllegung)
- Planung/Einbau der EWS nach SIA 384/6
- Anforderungen an Bohrgeräte und Bohrverfahren
- Anforderungen an das Bohrpersonal
- Anforderungen an das eingesetzte Material
- Anforderungen an die Arbeitsweise
- Anforderung an die Hinterfüllung (Zeitpunkt, Ausführung, Material)



BAFU-Praxishilfe „Wärmenutzung aus Boden und Untergrund“

Empfohlene Standardauflagen (für EWS-Bewilligungen), Auszug:

- Die Planung und der Einbau der Erdwärmesonden hat gemäss SIA 384/6 zu erfolgen.
- Die Bohrtiefe ist so zu wählen, dass die Einsatzgrenzen des eingebauten Materials eingehalten werden und eine fachtechnisch einwandfreie Hinterfüllung des Bohrlochringraumes gewährleistet ist.
- Es dürfen nur Bohrgeräte und -verfahren eingesetzt werden, die für den anstehenden Baugrund geeignet sind. Es sind nur Bohrfirmen zuzulassen, die gewährleisten, dass der Stand der Technik eingehalten wird (z.B. Firmen mit FWS-Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen).
- Das eingesetzte Bohrgerät muss mit allen erforderlichen Materialien für die Intervention in ausserordentlichen Situationen ausgerüstet sein.
- Die Erdwärmesonde ist bei gesetzter Verrohrung ohne Verzug nach Einsetzen in das Bohrloch vom Bohrlochfuss her mit einer aushärtenden Suspension bis zur Oberfläche vollständig und lückenlos zu hinterfüllen. Die Hinterfüllung ist über ein beim Sondenfuss befestigtes, im Bohrloch verbleibendes zusätzliches Rohr vorzunehmen.



BAFU-Praxishilfe „Wärmenutzung aus Boden und Untergrund“

Anforderungen an die Hinterfüllung, Auszug:

- **Stabilität der Mischung**
- Die Mischung soll genügend thixotrop sein und weder Sedimentation noch Entmischung ermöglichen
- Absetzmass: max. 2% der Bohrtiefe bzw. max. 5m
- **Durchlässigkeitsbeiwert**
- $K_f \leq 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
- **Dichte der fertigen Suspension**
- Keine Dichtevorgabe bei Fertigmischungen. Der Hersteller gibt eine minimale Dichte der Suspension an. Die Mischungsvorgaben des Herstellers sind zwingend einzuhalten.
- Baustellenmischung: spezifisches Gewicht der Suspension von 1.1 - 1.2 g/cm³ beim Eintritt in das Bohrloch.
- Es muss ein Mischprotokoll verwendet werden. Kontrolle des Mischungsgewichtes auf Baustelle mit Haushaltswaage und Einheitsgefäß



BAFU-Praxishilfe „Wärmenutzung aus Boden und Untergrund“

Anforderungen an die Hinterfüllung, Auszug (Forts.):

- **Dauerhaftigkeit**
- Sulfatbeständig: muss in Gebieten mit sulfathaltigem Gestein garantiert sein. Vorgaben durch Fachstellen.
- **Anfangs- und Endfestigkeit**
- Druckfestigkeit nach 3 Tagen: $\geq 0.3 \text{ N/mm}^2$
- Druckfestigkeit nach 7 Tagen: $\geq 1.0 \text{ N/mm}^2$
- Druckfestigkeit nach 28 Tagen: $\geq 1.5 \text{ N/mm}^2$
- **Umweltverträglichkeit**
- Die Bestandteile der Hinterfüllung dürfen nicht umweltgefährdend sein.
- **Wärmeleitfähigkeit, Fließfähigkeit, Pumpbarkeit**
- Keine Vorgaben
- **Frostsicherheit**
- Vorläufig keine Vorgaben
- Falls notwendig können solche Vorgaben durch die Fachverbände empfohlen und durch die Gewässerschutzfachstellen angeordnet werden.



SIA-Norm 384/6 Erdwärmesonden

Zweck:

Massgebend für Planung, Ausführung und Betrieb von Erdwärmesonden, welche das Wärmepotenzial des Untergrundes zu Heiz- und Kühlzwecken von Gebäuden nutzen.

Regelung der Anforderungen und Qualitätskriterien an das Bauwerk und der Abgrenzung gegenüber anderen Gewerken zu regeln, um dem Bauherrn ein über die gesamte berechnete Nutzungsdauer funktionierendes Gesamtsystem übergeben zu können.

Gegenstand:

Primärkreis von Sole-Wasser-Wärmepumpen (Erdwärmesonden)



SIA-Norm 384/6 Erdwärmesonden

Inhalt:

Normative Regelung der folgenden Punkte:

- Projektierung
- Berechnung und Auslegung
- Anforderungen an Baustoffe und Konstruktion
- Ausführung
- Prüfungen
- Betrieb und Wartung



Inhalt (Forts.):

Anhänge (Normativ und Informativ):

- **Protokolle (N)** → Bohrprotokoll, Prüf- und Abnahmeprotokoll
- **Prüfungen (N)** → Durchflussprüfung, Dichtheitsprüfung in Anlehnung an SN EN 805
- **Kennwerte (I)** → Bodentemperatur, Bodenoberflächentemperatur, Boden- und Stoffkennwerte, Wärmeträger
- **Projektierungshinweise (I)** → Bewilligung, Geologie, vereinfachtes Berechnungsverfahren für einfache Anlagen, für komplexe Anlagen, Druckverlustberechnung
- **Ausrüstung der Bohrunternehmung (N)** → Standardausrüstung, Ausrüstung zur Arteserintervention, Ausrüstung zur Gasintervention
- **Ausführung (I)** → Bohrverfahren, Hinterfüllung, Anschluss der EWS, Spüldauer

Bohrfirma:		Prüf- und Abnahmeprotokoll für Erdwärmesonden											
Objekt:		Auftrag Nr.:											
Erdwärmesonden	Nr.												
Fabrik-Identifikations-Nummer	ID												
Rollerpaar-Nummer (z.B. 004)	Nr.												
Länge (ungeladener Sonde)	m												
Durchmesser aussen / Wandstärke	mm		/		/		/		/		/		/
Durchflussprüfung		Prüfdatum											
Wasser-Durchflussmenge	l / min	KL1/ML2	KL1	KL2	KL1/ML2	KL1	KL2	KL1/ML2	KL1	KL2	KL1/ML2	KL1	KL2
Druck während Durchfluss	bar												
Bedingung erfüllt:	ja / nein												
Dichtheitsprüfung		Prüfdatum											
nach SIA 3845 (in Anlehnung an SN EN 805)		Druck	Leak	Druck	Leak	Druck	Leak	Druck	Leak	Druck	Leak	Druck	Leak
Ablaufzeit 0:01 bar		KL1/ML2	KL1	KL2	KL1/ML2	KL1	KL2	KL1/ML2	KL1	KL2	KL1/ML2	KL1	KL2
Ablauf in Minuten	Prüfdruckverfahren für: (abhängig von der Länge der EWS und der Größe der Hinterfüllung, siehe SIA 3845 Anhang B2 Tab. 4) Sonde mit Wasser verfüllen	bar											
0	Prüfdruck aufbringen	bar											
10	Druck Ende Druckhaltung	bar											
60	Ende statischer Druckabfall (ca. Druckabfall gemäss Hersteller) Druck nach Druckabreitung (Belastung 10% des Prüfdrucks, min. 1 bar) Menge abgelesenen Wassers (nach SIA 3845, Anhang B2, Tab. 5)	bar											
70	Druck-Ablesung	bar											
80	Druck-Ablesung	bar											
90	Druck Ende Hauptprüfung	bar											
Bedingung erfüllt:	ja / nein												
Hinterfüllung		Datum											
Menge in kg Bentonit, Zement, Wasser oder Fertigmischung: Fabrikat, Wasser 100kg		Bentonit	Zement	Wasser	Bentonit	Zement	Wasser	Bentonit	Zement	Wasser	Bentonit	Zement	Wasser
Gesamtmenge Hinterfüllung in kg / spez. Gewicht in kg/m ³													
Bis UKT erfüllt ja, bei nein bis Meter UKT		ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Abnahme SIA Norm 118	Polier:												
Ort und Datum:	Bauführung:												



Schlussbemerkung

- Die Qualität der Erdwärmesonden-Anlagen (erdseitig!) ist auf recht hohem Niveau
- Baustellen in der QS sind lokalisiert:
 - Es fehlt ein flächendeckendes Kontrollnetz
(→ Idee: Vollzug der Gewässerschutzvorschriften unter Einbezug von Fachverbänden)
- Das Finishing der EWS birgt die grössten Probleme: Einbau, Hinterfüllung, Testing
- Bis ca. 150 m Tiefe können EWS grundsätzlich problemlos erstellt werden
- Ab 250 m Tiefe nehmen die potenziellen Schwierigkeiten und Risiken massiv zu

Die Qualitätssicherung von EWS-Anlagen in der Schweiz wird/wurde unterstützt durch:

- Bundesamt für Energie, Bern
- Bundesamt für Umwelt, Bern
- Schweiz. Vereinigung für Geothermie (Geothermie.ch)
- Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz
- Programm EnergieSchweiz



→ **Vielen Dank**

