



# Neue Norm SIA 384/6:2021 Erdwärmesonden

**gültig ab 1. Mai 2021**



Arthur Huber  
dipl. Ing. ETH

Huber Energietechnik AG  
Jupiterstrasse 26  
CH – 8032 Zürich  
[www.hetag.ch](http://www.hetag.ch)



## **Zielsetzung der Revision:**

- Berücksichtigung von Nachbarsonden**
- Qualitätssicherung**

# **Strategisch Planung und Projektierung**



## Nutzervereinbarung

- Frostschutzfüllung Ja / Nein ?
- Betriebsdauer (Minimal 50 Jahre)
- Grundanforderung / erhöhte Anforderung

### 2.4 Nutzungsvereinbarung

Die strategische Planung erfolgt primär im Rahmen einer Nutzungsvereinbarung. Die Bauherr-schaft bestimmt dabei die Auslegungsziele der Erdwärmesonden:

- Betrieb mit oder ohne Frostschutzfüllung in den Erdwärmesonden.
- Auslegungszeitraum für die Sondenauslegung: Minimalanforderung gemäss Norm 50 Jahre.
- Grundanforderung oder erhöhte Anforderung an die Sondenauslegung gemäss 3.1.1.

# Anforderungen an Minimaltemperaturen über 50 Jahre

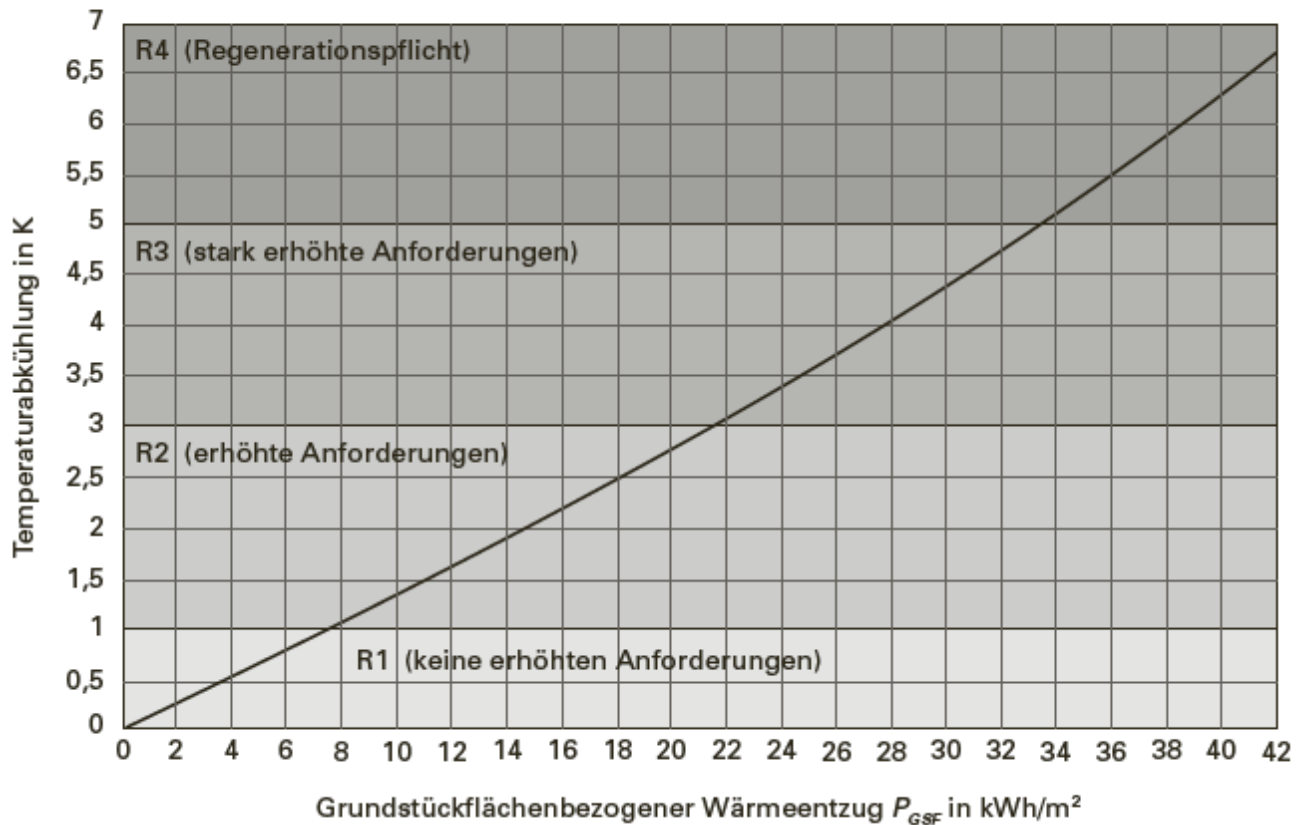
Grund-  
anforderung      Erhöhte Anforderungen R2 – R4

| Regenerationsrate                         | Erhöhte Anforderungen R2 – R4                   |                             |                                   |                              |
|---|---|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|   | R1<br>(keine erhöhten Anforderungen, Regelfall) | R2<br>(erhöhte Anforderung) | R3<br>(stark erhöhte Anforderung) | R4<br>(Regenerationspflicht) |
| Ohne Regeneration                         | -1,5 °C   | 0 °C                        | +1,5 °C                           | -                            |
| Mit Regenerationsrate $f_{BHE} \geq 20\%$ | -1,5 °C   | -0,5 °C                     | +0,8 °C                           | -                            |
| Mit Regenerationsrate $f_{BHE} \geq 40\%$ | -1,5 °C   | -1,0 °C                     | 0 °C                              | +1,5 °C                      |
| Mit Regenerationsrate $f_{BHE} \geq 60\%$ | -1,5 °C   | -1,5 °C                     | -1 °C                             | 0 °C                         |
| Mit Regenerationsrate $f_{BHE} \geq 80\%$ | -1,5 °C   | -1,5 °C                     | -1,5 °C                           | -1,5 °C                      |

Für die Zuordnung von R1 bis R4 muss Figur 3 verwendet werden. Ein Beispiel dazu ist in D.4.8.4 zu finden.

# Berücksichtigung künftiger Nachbarsonden:

Figur 3 Zu erwartende Temperaturabkühlung durch künftige Nachbarsonden nach 50 Jahren [13]



$$p_{GSF} = (Q_{H,li} + Q_W) \cdot \frac{A_E}{GSF_{eff}} \cdot \frac{3}{4} \cdot f_{ZB}$$



Wärmebedarf nach  
SIA 380/1:2016  
(Grenzwert 50% Neubau  
50% Sanierung)



Ausnutzung



Zubauanteil  
Max. 40%

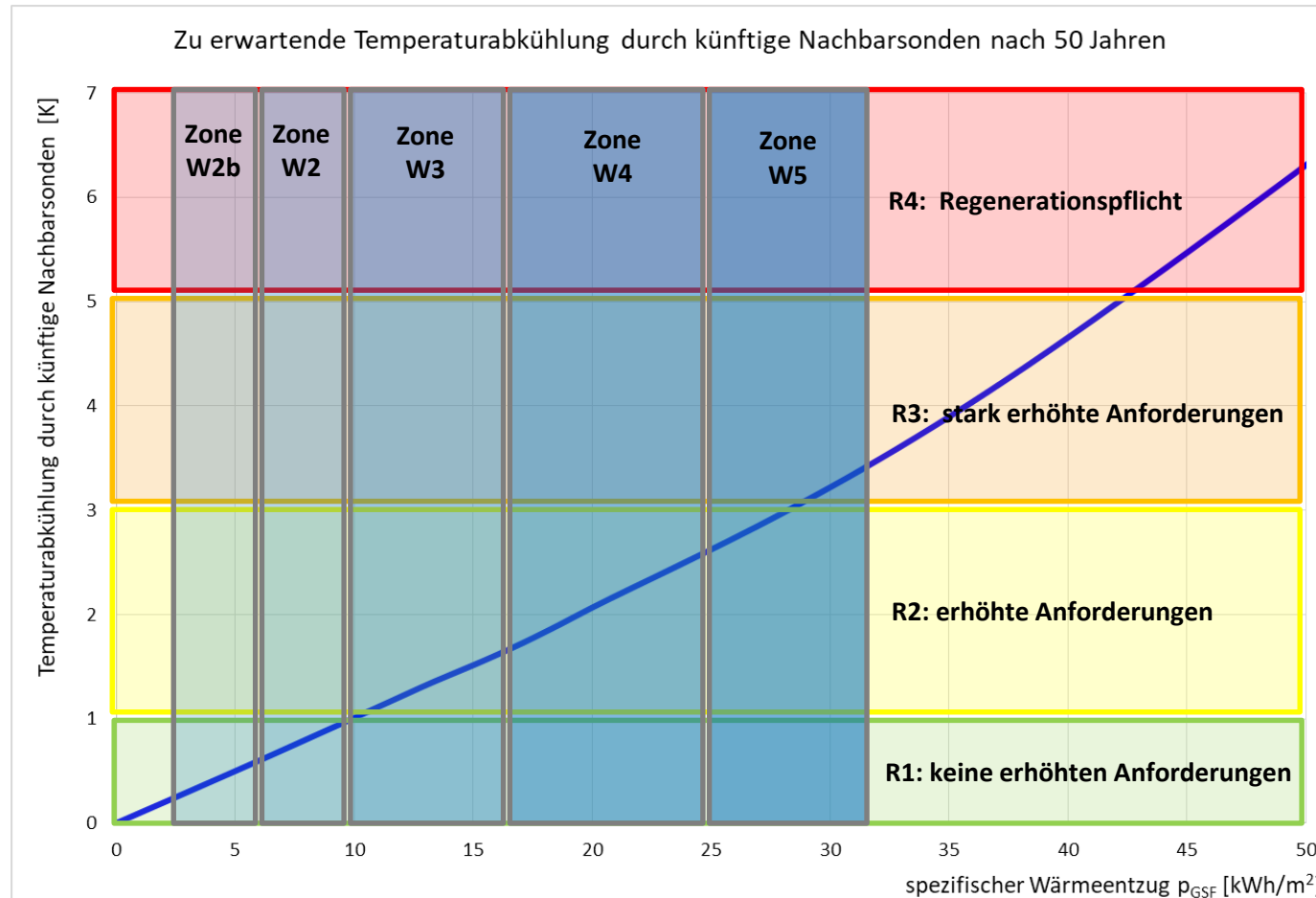
# Vereinfachte Bestimmung Regenerationsrate im Wohnungsbau

Tabelle 3 Übliche Regenerationsverfahren im Wohnungsbau, zulässig ohne rechnerischen Nachweis

| Regenerationsrate $f_{BHE}$ | Regenerationsverfahren<br>(sommerlicher Wärmeeintrag direkt in die Erdwärmesonden)   |
|-----------------------------|--|
| 20 % bis 40 %               | Geocooling über die Fussbodenheizung und ergänzend über die Lufterneuerung (Kühlgrenze < 21 °C über 24h gemittelt)<br>≥ 0,02 m <sup>2</sup> thermisch selektiv absorbierende Sonnenkollektoren pro m <sup>2</sup> EBF<br>≥ 0,04 m <sup>2</sup> Hybridkollektoren PV / thermisch pro m <sup>2</sup> EBF<br>≥ 0,25 kW Luftwärmetauscher nach SN EN 1048 pro kW Verdampferleistung der WP <sup>1)</sup> |
| 40 % bis 60 %               | ≥ 0,04 m <sup>2</sup> selektiv absorbierende Sonnenkollektoren pro m <sup>2</sup> EBF<br>≥ 0,08 m <sup>2</sup> Hybridkollektoren PV / thermisch pro m <sup>2</sup> EBF<br>≥ 0,6 kW Luftwärmetauscher nach SN EN 1048 pro kW Verdampferleistung der WP <sup>1)</sup>  |
| 60 % bis 80 %               | ≥ 0,06 m <sup>2</sup> selektiv absorbierende Sonnenkollektoren pro m <sup>2</sup> EBF  |
| über 80 %                   | ≥ 0,08 m <sup>2</sup> selektiv absorbierende Sonnenkollektoren pro m <sup>2</sup> EBF  |

<sup>1)</sup> Es ist die Summe aller Verdampferleistungen im Auslegungsfall der maximal gleichzeitig in Betrieb stehenden Wärmepumpen einzurechnen.

# Beispiel Wohnzonen der Stadt Zürich



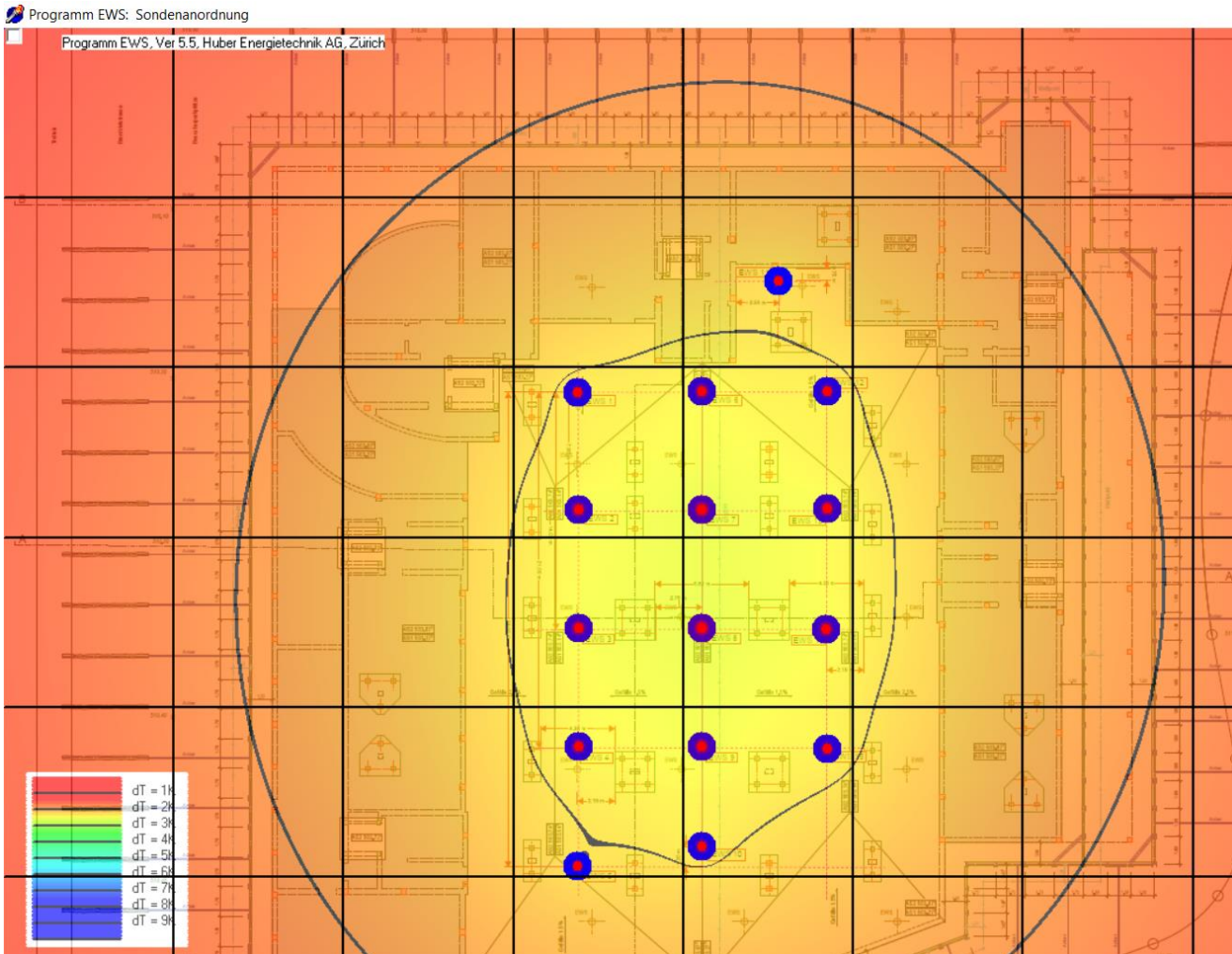
| Ausnutzungs-<br>ziffer | Wohnzonen Stadt Zürich |                |
|------------------------|------------------------|----------------|
| 0.4                    | W2bI, W2bII            | zweigeschossig |
| 0.6                    | W2                     | zweigeschossig |
| 0.9                    | W3                     | dreigeschossig |
| 1.3                    | W4                     | viergeschossig |
| 1.7                    | W5                     | fünfgeschossig |

## Grundlagen:

- Grenzwert SIA 380/1
- 50% Neubau
- Zubauanteil EWS 40%
- Mittlerer COP 4.0
- Strassenanteil 15%
- Sondenlänge 200m
- Wärmeleitfähigkeit 2.5 W/Km



# Simulation ab 5 Sonden zwingend



Bis 4 Erdwärmesonden sind im Wohnungsbau vereinfachte Auslegungsdiagramme einsetzbar (im Anhang der Norm).

Ab 5 Erdwärmesonden oder bei Wärmepumpen mit Zusatzheizung sind Simulationsprogramme zwingend.

# **Spezielle Planungsanforderungen**

## Wahl der Druckstufen

- 4.1.9 Gibt es Hinweise darauf, dass das Gebirge und darin enthaltenes Wasser oder die Hinterfüllung keinen genügenden Gegendruck aufbauen können, muss die Erdwärmesonde für den maximal möglichen Differenzdruck ausgelegt sein (5.2.2, F.3.5). Der maximale Differenzdruck ergibt sich aus dem Innendruck im Sondenfuss zum wirkenden Wasserdruck in dieser Tiefe im Gebirge.

Tabelle 19 Wahl der Nenndruckstufe von Sondenmaterial PE bei üblicher Temperaturbelastung Heizen/Kühlen mit maximal 20°C Betriebstemperatur, ohne Gegendruck durch das Gebirge, Belastung am Sondenfuss (Berechnung für PE 100RC)

| Tiefenbereich | maximaler Überdruck am Sondenfuss | Nenndruckstufe Erdwärmesonde am Sondenfuss |
|---------------|-----------------------------------|--|
| 0 m–170 m     | 20 bar                            | PN 16                                      |
| 171 m–200 m   | 24 bar                            | PN 20                                      |
| 201 m–260 m   | 30 bar                            | PN 25                                      |
| 261 m–360 m   | 41 bar                            | PN 32                                      |

Problematisch sind trockene Bohrstandorte z.B. im Zürcher Oberland

# Anforderungen an TRT

Tabelle 1 Minimalanforderung an TRT-Messungen

| Sondentyp           | Minimale Heizleistung | Minimaler Wasserdurchfluss pro EWS ( $Re > 3000$ bei 5 °C) | Maximale Temperaturspreizung Vorlauf – Rücklauf |
|---------------------|-----------------------|--|---|
| 32 mm Duplex        | 30 W/m                | 680 Liter/h  | $\leq 4$ K                                      |
| 40 mm Duplex, PN 16 | 30 W/m                | 850 Liter/h  | $\leq 4$ K                                      |
| 40 mm Duplex, PN 20 | 30 W/m                | 810 Liter/h  | $\leq 4$ K                                      |
| 40 mm Duplex, PN 25 | 30 W/m                | 750 Liter/h  | $\leq 4$ K                                      |
| 50 mm Duplex, PN 16 | 30 W/m                | 1060 Liter/h   | $\leq 4,5$ K                                    |
| 50 mm Duplex, PN 20 | 30 W/m                | 1010 Liter/h   | $\leq 4,5$ K                                    |
| 50 mm Duplex, PN 25 | 30 W/m                | 950 Liter/h  | $\leq 4,5$ K                                    |
| 50 mm Duplex, PN 30 | 30 W/m                | 890 Liter/h  | $\leq 4,5$ K                                    |

Die Dauer der TRT-Messung muss mindestens 48 Stunden im Heiz- oder Entzugsbetrieb betragen.

# **Verantwortlichkeiten**

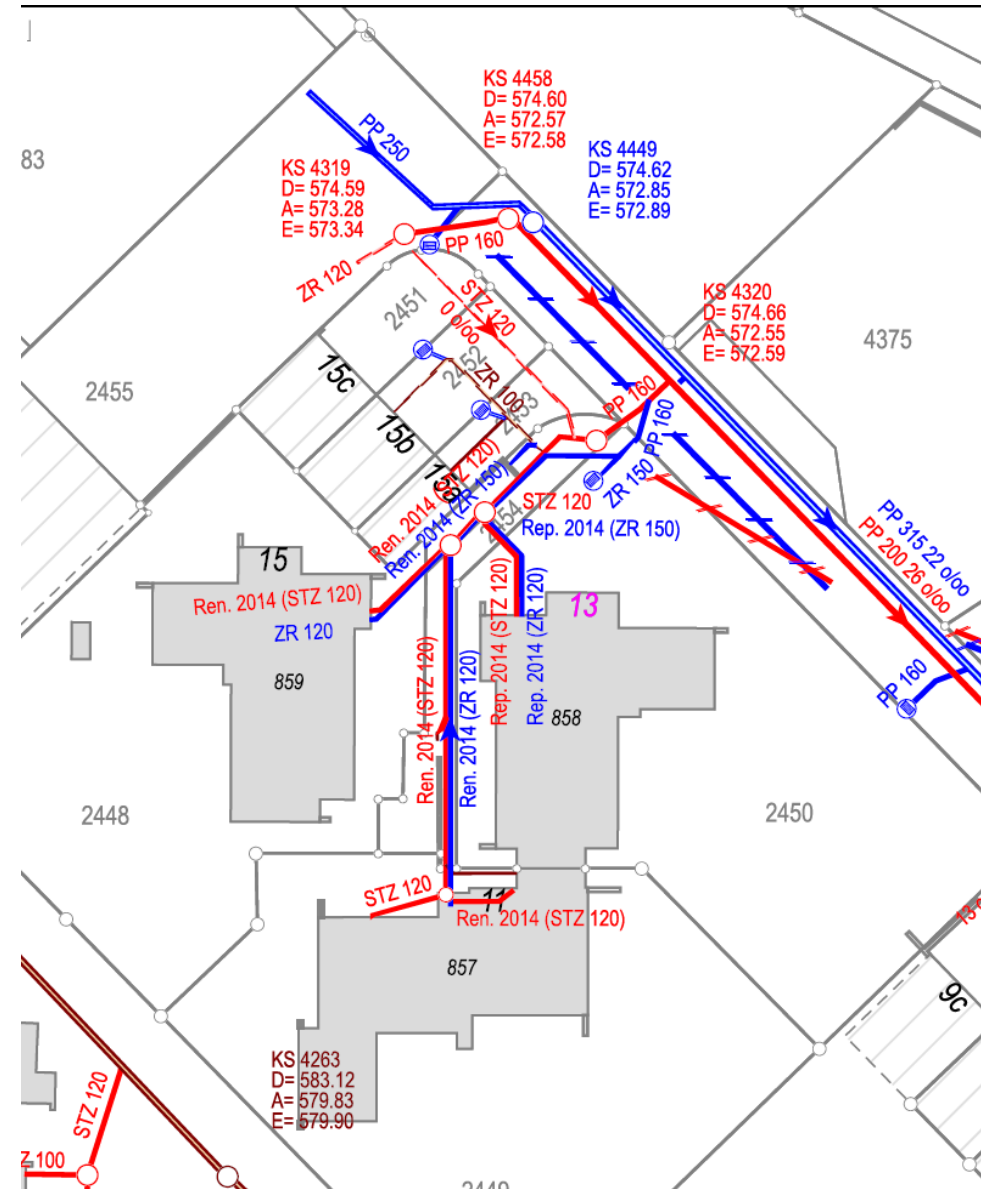
# Verantwortung Planer (ohne anderslautende Vereinbarung):

Koordination mit Werkleitungen

Abklärungen Nachbarsonden

Einholung Bohrbewilligung

Dokumentation



## QS – Plan bei > 300m

### 7.1.6

Bei Anlagen mit mehr als 300 m Bohrtiefe oder mehr als sechs Erdwärmesonden ist zusätzlich ein Qualitätssicherungsplan (QS) zu erstellen. Der QS-Plan umfasst die folgenden Punkte:

- Bohrtechnische Prognose (Felstiefe, bekannte Wassereinbrüche, Vorgaben zum Bohrverfahren, Prognose zur Hilfsverrohrung, zu erwartende Gesteinsarten).
- Vorgaben zum Bohrgerät (Grösse, Gewicht, Einbringung am Bohrort, mögliche Bohrverfahren).
- Hinterfüllungskonzept (Einbringung der Hinterfüllung, Stufenzementation, Schwindmass der Hinterfüllung bei trockenen Bohrstandorten).
- Qualitätssicherung der Hinterfüllung auf der Baustelle, inkl. Dokumentation.
- Konzept zur Druck- und Durchflussprüfung und Dokumentation der Prüfungen der Sonden und der Zuleitungen.
- Entlüftungskonzept.
- Dokumentation der erreichten Bohrtiefe und Einbautiefe.
- Konzept zum mechanischen Schutz der Sondenzuleitungen (Einsanden, minimale Verlegetiefe).
- Dokumentation der Sondenzuleitung auf der Baustelle (Beschriftung, Fotodokumentation).
- Zwischenabnahmen auf der Baustelle (Standorte, Einbautiefe, Hinterfüllung, Druckprüfungen).
- Werkabnahme.



# **Prüfungen und Protokolle auf Baustelle**



# Anhang A1: Bohrprotokoll (normativ)

| Bohrprotokoll / Schichtenverzeichnis             |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|--|---|--|-------------------|----------------------------|---|----------------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------|-------------------|---------------|--------------------|--|----------|--|-------------|--|-------|--|
| Objekt: _____                                    |   | Adresse: _____   |                   |                            | Kataster: _____                                   |                            | Gemeinde: _____ |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Bewilligungs-Nr: _____                           |   | vom: _____   | Sonden-Typ: _____ |                            | Auftrags-Nr: _____                                | Auftraggeber: _____        |                 | Geologe: _____                    |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Geräteleiter: _____                              |   | Bohrfirma: _____   |                   |                            | Adresse / Ort: _____                              |                            |                 | E-Mail: _____                     |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Bohrbeginn: _____                                |   | Bohrende: _____  |                   | Koordinaten: _____ / _____ |   | Höhe Terrain: _____ m.ü.M. |                 | Länge eingebaute Sonde [m]: _____ | Bezeichnung / Nr: _____ |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Tiefe  | Beschreibung des Bohrgutes / Schichtenverzeichnis |  | Wassergehalt      |                            |   | Bohrart                    | Spül-Medium     | Spül-Zusatz                       | Bemerkungen             |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  | bis   | Art, Eigenschaften, Farbe  | Geologie          | nass                       | feucht  |                            |                 |                                   | trocken                 | S/H/K                                 | L/T/A | W/S/Z             | Beobachtungen |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Hinterfüllung: Produkt: _____                    |   | Stützverrohrung:   |                   |                            | Bohrgerät:  |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Stufen: _____ Mischart: _____                    |   | Durchmesser, Ø: _____ cm   |                   |                            | Bohrkote: _____ m.ü.M. +/- 0.0 m                  |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Abgabe Hinterfüllungsprobe: _____                |   | Verrohrung bis Tiefe: _____ m  |                   |                            | Bohrgut Menge m <sup>3</sup> _____ m <sup>3</sup> |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Tiefe Arteser: _____ m gespannt bis ± [m]: _____ |   | Bohrung:   |                   |                            | Entsorgungsfirma: _____                           |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| Wassermenge: _____ L/Min Messart: _____          |   | Typ: S: Stufenmeißel, _____ Ø _____ cm                                   |                   |                            | Proben Bohrgut alle _____ m                       |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
| <input type="checkbox"/> Gewebepacker oder _____ |   | <input type="checkbox"/> Strumpf eingebaut in Tiefe _____ bis: [m] _____ |                   |                            | P: PDC-Meißel                                     |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            | Abgabe Proben an _____                            |                            |                 |                                   |                         |                                       |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | Gewässerschutz-relevante Vorkommnisse |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | Wasserzutritt Liter / Min.            |       | SV                |               | IV                 |  | K        |  | G           |  | Tiefe |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | <30                                   |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | 30-120                                |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | >120                                  |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | Wasserzutritt: wenig (< 30 L/Min)     |       | Spüllungsverluste |               | Injektionsverluste |  | Kavernen |  | Gasverdicht |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | Wasserzutritt: 30 - 120 L/Min         |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |
|  |   |  |                   |                            |   |                            |                 |                                   |                         | Wasserzutritt: viel (> 120 L/Min)     |       |                   |               |                    |  |          |  |             |  |       |  |

→ 1 Protokoll pro Bohrung

→ Koordinaten pro Bohrung

→ Bohrtiefe pro Bohrung

→ Einbaulänge pro Bohrung

→ Vorkommnisse pro Bohrung (Wasser / Gas / Klüfte)

→ Bohrart (Hammerbohrung / Spülbohrung)

→ Fels ab welcher Tiefe?

→ Länge Stützverrohrung

# Anhang A2: Prüfprotokoll (normativ)

| Bohrfirma:   |             | Prüfprotokoll für Erdwärmesonden<br>(SIA 384/6, Zif. 6.1) |                  |               |                  |               |                  |
|--|-------------|---|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| Objekt:  |             | Auftrag Nr. :   |                  |               |                  |               |                  |
| <b>Erdwärmesonden</b>  | Nr.         |   |                  |               |                  |               |                  |
| Hersteller / Typ   |             | /   |                  | /             |                  | /             |                  |
| Fabrik-Identifikations-Nummer  | ID:         |   |                  |               |                  |               |                  |
| Rollenpaar-Nummer (z.B. 0040)  | Nr.         |   |                  |               |                  |               |                  |
| Lieferlänge / Einbaulänge  | m           | /   |                  | /             |                  | /             |                  |
| Durchmesser aussen / Wandsstärke   | mm          | /   |                  | /             |                  | /             |                  |
| <b>Hinterfüllung</b>   | Datum       |   |                  |               |                  |               |                  |
| <small>Standard:<br/>100 kg Bentonit, 200 kg<br/>Zement, 900 l Wasser<br/>(gemäss 5.3)</small> |             | Bentonit  | Zement           | Wasser        | Bentonit         | Zement        | Wasser           |
| - Menge in kg Bentonit, Zement, Wasser   | kg          |   |                  |               |                  |               |                  |
| - Fertigmischung: Fabrikat, WF (Liter Wasser/100kg)  |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| Bemerkung zu Hinterfüllung / Wärmeleitfähigkeit WKm  |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| Berechnetes / eingefülltes Hinterfüllungsvolumen   | Liter       | /   |                  | /             |                  | /             |                  |
| elektronische Protokollierung (ja/nein, Datum)   |             | /   |                  | /             |                  | /             |                  |
| Spez. Gewicht Suspension: Soll / Messung   | kg / Liter  | /   |                  | /             |                  | /             |                  |
| Bis UKT erfüllt ja, bei nein bis Meter UKT   |             | ja / nein   | Meter UK Terrain | ja / nein     | Meter UK Terrain | ja / nein     | Meter UK Terrain |
| <b>Durchflussprüfung</b>   | Prüfdatum   |   |                  |               |                  |               |                  |
| Wasser-Durchflussmenge   | Liter / Min | Kr 1 (& Kr 2)   | Kr 2             | Kr 1 (& Kr 2) | Kr 2             | Kr 1 (& Kr 2) | Kr 2             |
| Messung Differenzdruck   | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| Berechneter Differenzdruck   | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| Bedingung erfüllt (+/- 15%):   | ja / nein   |   |                  |               |                  |               |                  |
| <b>Dichtigkeitsprüfung</b>   | Prüfdatum   |   |                  |               |                  |               |                  |
| Dichtigkeitsprüfung nach B2 durchführbar   | ja / nein   |   |                  |               |                  |               |                  |
| Ablesegenauigkeit 0.01 bar   |             | Messwert  | Messwert         | Messwert      | Messwert         | Messwert      | Messwert         |
| Ablauf in Minuten  | bar         | Kr 1 (& Kr 2)   | Kr 2             | Kr 1 (& Kr 2) | Kr 2             | Kr 1 (& Kr 2) | Kr 2             |
| Prüfdruckverfahren für:  |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| (abhängig von EWS-Länge und Dichte, B.2 Tabelle 9)   |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| Sonde mit Wasser füllen  |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| Prüfdruck aufbringen   | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| 10 Druck Ende Druckhaltung   | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| 70 Ende stat. Druckabfall  | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| (zul. Druckabfall gemäss Hersteller)   |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| Druck n. Druckabsenkung  | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| (Absenkung 10% vom Prüfdruck, min. 1 bar)  |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| Menge abgelassenes Wasser  | Liter       |   |                  |               |                  |               |                  |
| (B.2 Tabelle 10)   |             |   |                  |               |                  |               |                  |
| 75 Druck-Ablesung  | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| 85 Druck-Ablesung  | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| 100 Druck Ende Hauptprüfung  | bar         |   |                  |               |                  |               |                  |
| Bedingung erfüllt:   | ja / nein   |   |                  |               |                  |               |                  |

# Hinterfüllung (Teil von A2)

|  |   |           |                  |        |        |
|--|---|-----------|------------------|--------|--------|
| <b>Hinterfüllung</b><br>(gemäss 5.3)                 | Standard:                                       | Datum     |                  |        |        |
|  | 100 kg Bentonit, 200 kg<br>Zement, 900 l Wasser |           | Bentonit         | Zement | Wasser |
| - Menge in kg Bentonit, Zement, Wasser               | kg  |           |                  |        |        |
| - Fertigmischung: Fabrikat, WF (Liter Wasser/100kg)  |   |           |                  |        |        |
| Bemerkung zu Hinterfüllung / Wärmeleitfähigkeit W/Km |   |           |                  |        |        |
| Berechnetes / eingefülltes Hinterfüllungsvolumen     | Liter   |           | /                |        |        |
| elektronische Protokollierung (ja/nein, Datum)       |   |           | /                |        |        |
| Spez. Gewicht Suspension: Soll / Messung             | kg / Liter                                      |           | /                |        |        |
|  |   | ja / nein | Meter UK Terrain |        |        |
| Bis UKT verfüllt ja, bei nein bis Meter UKT          |   |           |                  |        |        |



Welche Hinterfüllung ist drin?

Wie viel Hinterfüllung ist drin?

## Durchflussprüfung (Teil von A2)

| Durchflussprüfung             | Prüfdatum   |               |      |
|-------------------------------|-------------|---------------|------|
|                               |             | Kr 1 (& Kr 2) | Kr 2 |
| Wasser-Durchflussmenge        | Liter / Min |               |      |
| Messung Differenzdruck        | bar         |               |      |
| Berechneter Differenzdruck    | bar         |               |      |
| Bedingung erfüllt (+/- 15% ): | ja / nein   |               |      |

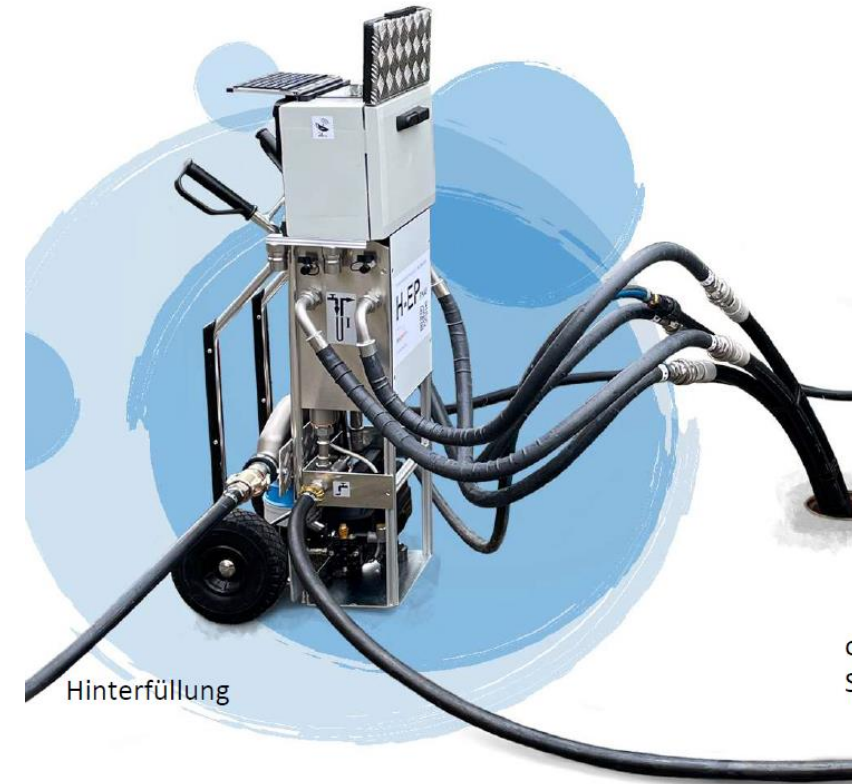
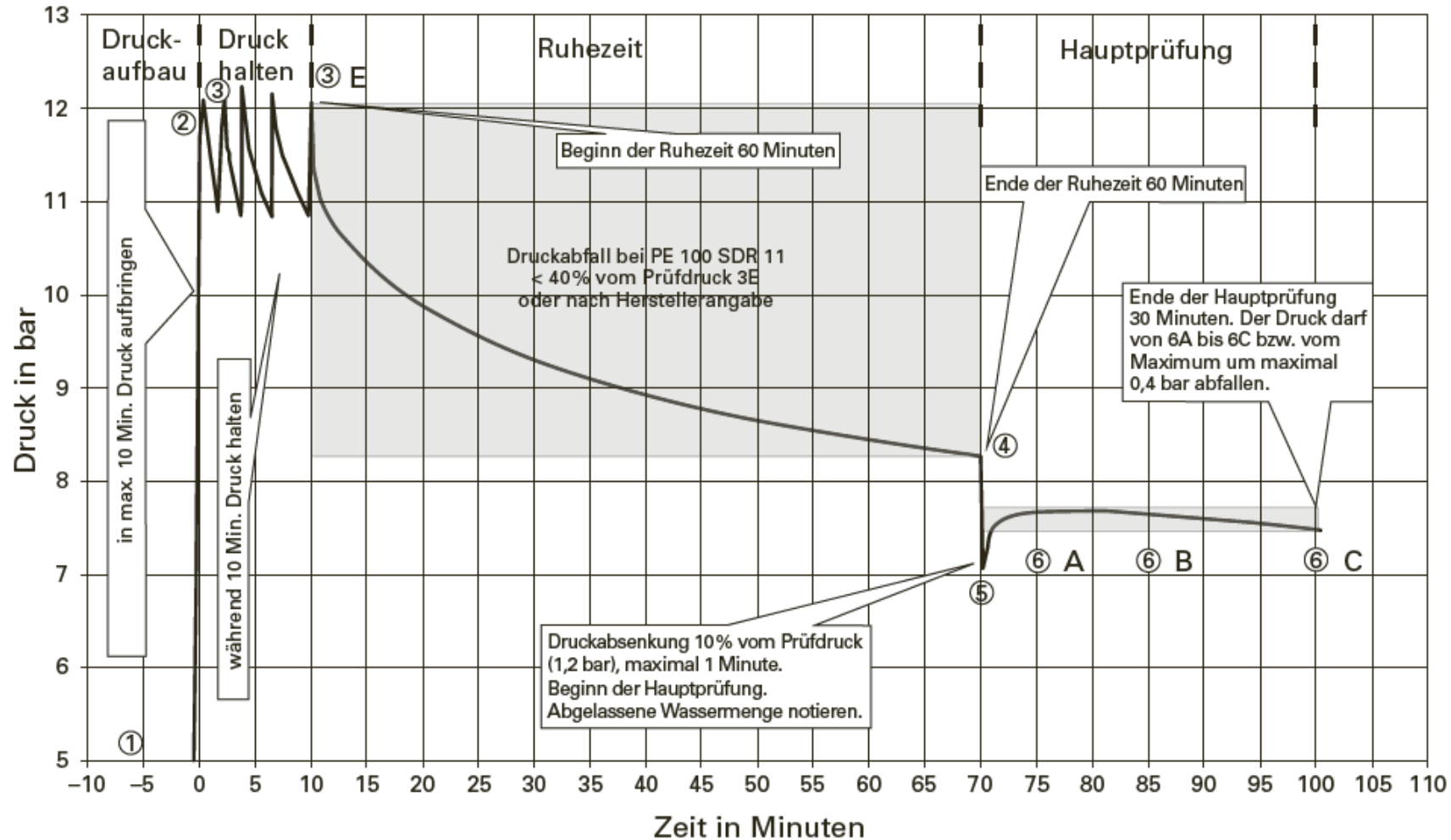


Foto: Engeo AG, Arnegg

Vergleich Rechnung <-> Messung

# Dichtigkeitsprüfung:



# Anhang A6: Checkliste Anlagendokumente

**Checkliste Anlagen-Dokumentation nach SIA 384/6** Seite 2

**Dokumentation und Revisionsunterlagen**

**Revisionspläne:** OK:  unvollständig:

| Plan Nr. (inkl. Rev.)                                      | Datum | Ersteller |
|--|-------|-----------|
| vermasste Sondenpläne mit Bohrtiefe und Sondennummerierung | _____ | _____     |
| Sondenzuleitungen mit Schächten und Verteilern             | _____ | _____     |
| Anlagenschema, hydraulische Einbindung Erdwärmesonden      | _____ | _____     |
| Geologisches Bohrprofil des Geologen                       | _____ | _____     |

**Protokolle der Bohrfirma und der Sondenfüllung:**

**Bohrprotokolle** (Protokoll A1) OK:  unvollständig:

| Minimalwert gemäss SIA 384/6 | ausgeführt | Bohrart  |
|------------------------------|------------|----------|
| Bohrdurchmesser 1            | _____ mm   | _____ mm |
| Bohrdurchmesser 2            | _____ mm   | _____ mm |

Nicht bis Bohrtiefe eingebaute Sonden:

| Sonden-Nr. | Bohrtiefe | Einbau Sonden |
|------------|-----------|---------------|
| _____      | _____ m   | _____ m       |
| _____      | _____ m   | _____ m       |
| _____      | _____ m   | _____ m       |

Bohrgutentsorgung: Menge: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup> Entsorgungsfirma: \_\_\_\_\_

Besondere Vorkommnisse bei Bohrung \_\_\_\_\_

**Durchflussprüfung** (Protokoll A2) OK:  unvollständig:

**Dichtigkeitsprüfung** (Protokoll A2) OK:  unvollständig:

**Hinterfüllungsprotokoll** (Protokoll A2) OK:  unvollständig:

| Sollwert: | gemessen: | gemessen durch: |
|-----------|-----------|-----------------|
| _____     | _____     | _____           |

Ablage Hinterfüllungsproben \_\_\_\_\_

**Protokoll Sondenfüllung** (Protokoll A3.2) OK:  unvollständig:

| Konzentration Soll | gemessen: | gemessen durch: |
|--------------------|-----------|-----------------|
| _____ %            | _____ %   | _____           |

Frostschutzmittel \_\_\_\_\_

Beschriftung auf Anlage mit Inhalt und Konzentration \_\_\_\_\_

**Verteiler und Sondenzuleitungen / Druckprüfung:**

**Protokoll Anschlüsse EWS** (Protokoll A3.1) OK:  unvollständig:

| gemäss Planung | gemessen / Abweichung | geprüft durch |
|----------------|-----------------------|---------------|
| _____          | _____                 | _____         |

Beschriftung und Einstellung Verteiler \_\_\_\_\_

Rohrtyp / Dämmung / Tropfwasserableitung / Expansion: \_\_\_\_\_

Soledurchsatz \_\_\_\_\_

Sondenkreispumpe: \_\_\_\_\_ Einstellung: \_\_\_\_\_

**Druckabfall**

| berechnet | gemessen | gemessen durch: |
|-----------|----------|-----------------|
| _____     | _____    | _____           |

Erdwärmesonden: \_\_\_\_\_

Sondenkreislauf total: \_\_\_\_\_

**Instrumentierung:**

Sicherheitsventil: fehlt:  vorhanden:  Druckwächter / Strömungswächter: vorhanden:

Absperrung pro Sonde: fehlt:  vorhanden:  Einstellorgane / Setter: vorhanden:  korrekt:

Entlüftungsstellen: fehlt:  korrekt:  Thermometer / Manometer: vorhanden:

**Beilagen / Bemerkungen:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

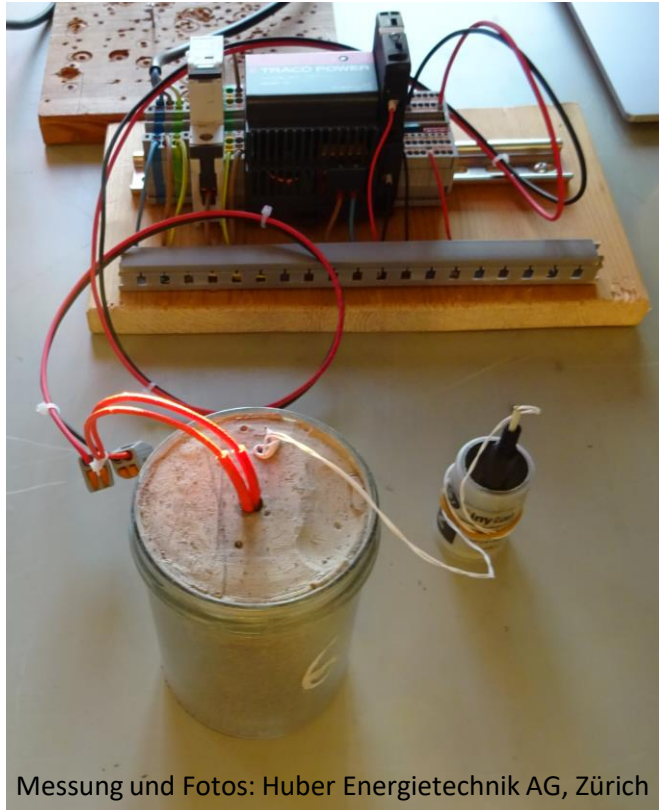
## Bohrproben bei erster Bohrung

- Keine Verrechnung von Mehrkosten zulässig, wenn Ausführung gemäss Norm SIA 384/6:2021 beauftragt.
- Grundlage für geologisches Bohrprofil



- 5.1.4 Bei der ersten Bohrung sind immer und nach Anweisung des Geologen bei jedem Nachsetzen des Gestänges Proben des Bohrkleins zu nehmen und je nach Auflage dauerhaft mit Objekt- und Tiefenangabe zu beschriften und abzupacken.

# Hinterfüllungsprobe ab 250m Bohrtiefe



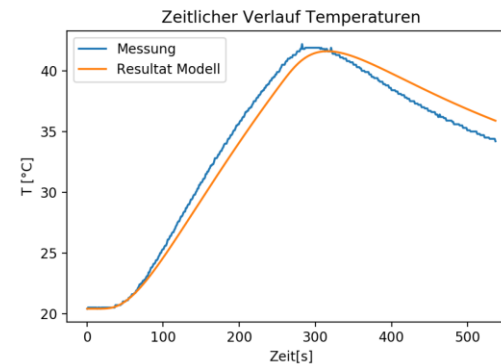
Messung und Fotos: Huber Energietechnik AG, Zürich

Protokoll Messung Hinterfüllungsprobe  
01.08.2021  
Messung durch: M. Lang



Projekt: Messung Gadola  
Strasse: Waldschulweg 1  
Ort: Zürich  
PLZ: 8032

Produkt: HDG EXTRO HS



Wärmeleitfähigkeit gemessen: 2.04 W/mK  
Dichte \* Wärmekapazität gemessen: 2908.0 kJ/m<sup>3</sup>K

Heizdauer: 240 s  
Spez. Heizleistung: 962.0W/m  
Abkühldauer: 300 s  
Mittlerer Fehler: 1.03°C  
Bestimmtheitsgrad Modell: 0.9714

Gute Hinterfüllung:

- Gegendruck zu Innendruck der Sonde
- Verhindert Kurzschluss von Wasserschichten (Abdichtung)
- Gute Wärmeleitung im Sondennahbereich

Wärmeleitfähigkeit kann einfach gemessen werden:

- Erkennen von falsch deklarierten Werten
- Erkennen von falschem Mischverhältnis

5.3.9 Bei Erdwärmesonden ab einer Bohrtiefe von 250 m muss vom Bohrunternehmer zusätzlich pro Anlage eine Hinterfüllungsprobe (ab Hahn Injektionsrohr) abgegeben werden, sofern keine elektronische Datenerfassung gemäss 5.3.8 erfolgt. Diese ist in ein dicht verschliessbares Gefäss abzufüllen und der Bauleitung, zusammen mit dem vollständig ausgefüllten Bohrprotokoll, abzugeben.



# Elektronisch Datenerfassung der Hinterfüllungs-Einbringung



Foto: Keller AG, Winterthur

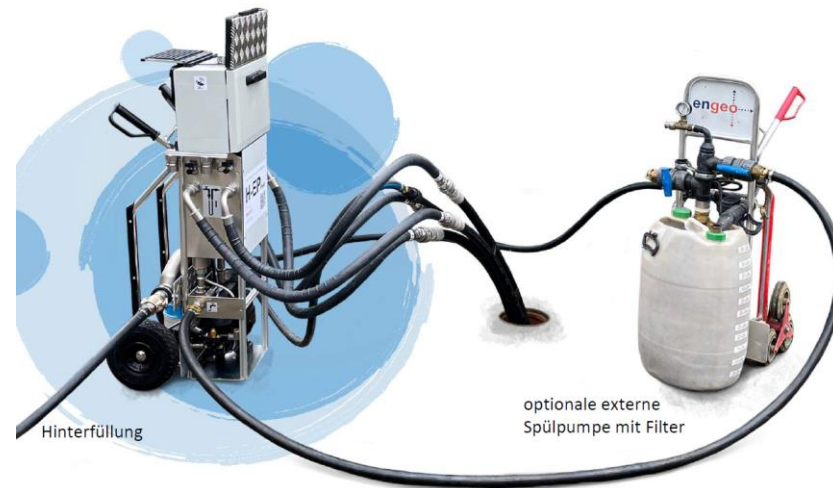
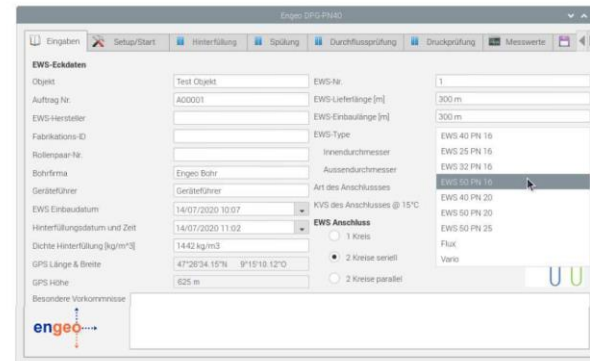


Foto: Engeo AG, Arnegg

Elektronische Datenerfassung dokumentiert  
korrekte Einbringung der Hinterfüllung

## Hinterfüllung muss von unten eingebracht werden:



Hinterfüllungsrohr wird nicht herausgezogen

→ Fehlt das Hinterfüllungsrohr, ist davon auszugehen, dass Hinterfüllung nicht von unten eingebracht wurde

- 4.3.1.2 Das Bohrloch ist bei gesetzter Verrohrung ohne Verzug nach Einsetzen der Erdwärmesonde vom Bohrlochfuss her mit einer aushärtenden Suspension («Hinterfüllung») bis zur Oberfläche vollständig und lückenlos abzudichten. Die Hinterfüllung ist über ein beim Sondenfuss befestigtes, im Bohrloch verbleibendes zusätzliches Rohr vorzunehmen. Für eine zweckmässige Hinterfüllung gelten die Angaben nach 5.3.

## Einbaulänge kann einfach abgelesen werden:



Sondenlänge: 44m / 196m



## Achten Sie auf das Gütesiegel des FWS (aktuell März 2022)

Gütesiegelliste  
für Erdwärmesonden-  
Bohrfirmen

Liste des entreprises  
de forages certifiées



# **Besten Dank**

