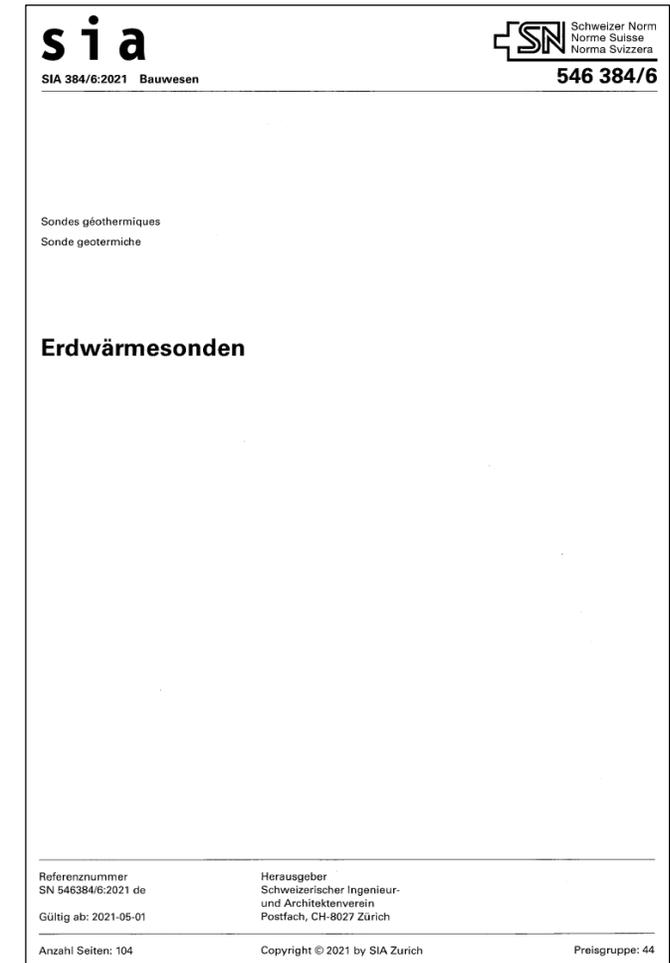


Erdwärmesonden Prüfungen nach SIA 384/6:2021

E. Rohner
Engeo AG
Stationsstrasse 24
CH-9212 Arnegg

Zielsetzung der EWS Prüfung nach SIA 384/6:2021

- Sicherheit für den Gewässerschutz
 - Hinterfüllung der Erdwärmesonden → vertikale Abdichtung der Bohrung
- Sicherheit für den Bauherrn
 - Dichte Erdwärmesonde, d.h. keine Leckage
 - Voller Durchfluss, d.h. keine Quetschungen
 - Keine Verschmutzung in der Erdwärmesonde, d.h. kontrollierte Spülung



Vorgehen und Prüfungen nach SIA 384/6:2021

- **Hinterfüllung**
 - Normiertes Vorgehen
 - Anforderungen und Ausführung → Ziff.4.3, 5.3
 - Ausführung → Ziff.5.3 (VDI 2-7.2.4)

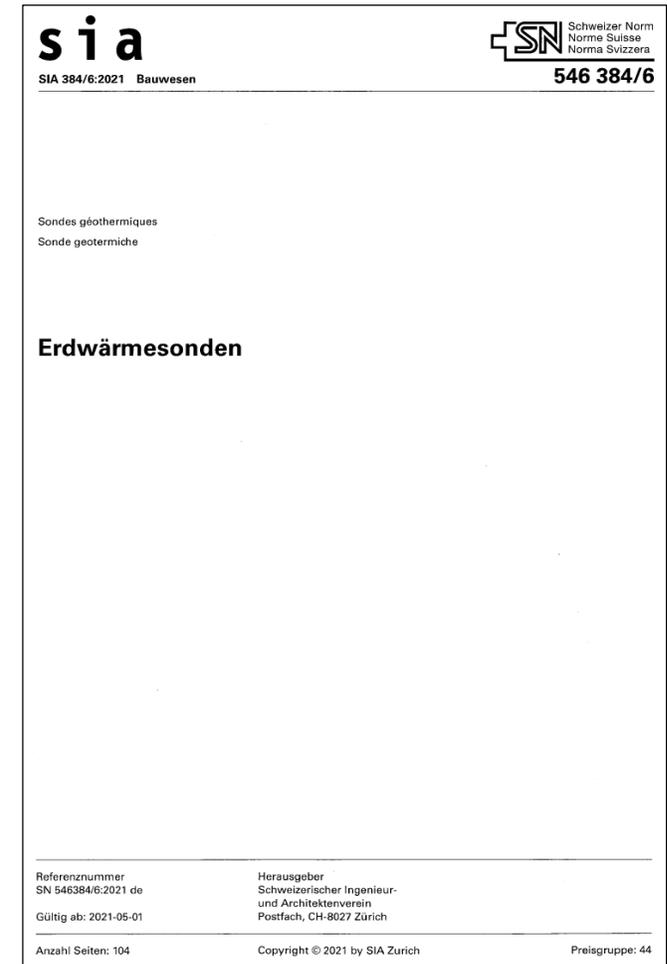
- **Sicherheit für den Bauherrn**
 - Spülen der EWS (Ziff.F.6)
 - Durchfluss- und Differenzdruckprüfung (Ziff.B.1, VDI 2-7.2.9)
 - Dichtigkeitsprüfung (Ziff.B.2 , VDI 2-7.2.9)

sia SIA 384/6:2021 Bauwesen	 Schweizer Norm Norme Suisse Norma Svizzera 546 384/6	
Sondes géothermiques Sonde geotermiche		
Erdwärmesonden		
Referenznummer SN 546384/6:2021 de Gültig ab: 2021-05-01	Herausgeber Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein Postfach, CH-8027 Zürich	
Anzahl Seiten: 104	Copyright © 2021 by SIA Zurich	Preisgruppe: 44

Anforderungen an die Prüfungen nach SIA 384/6:2021



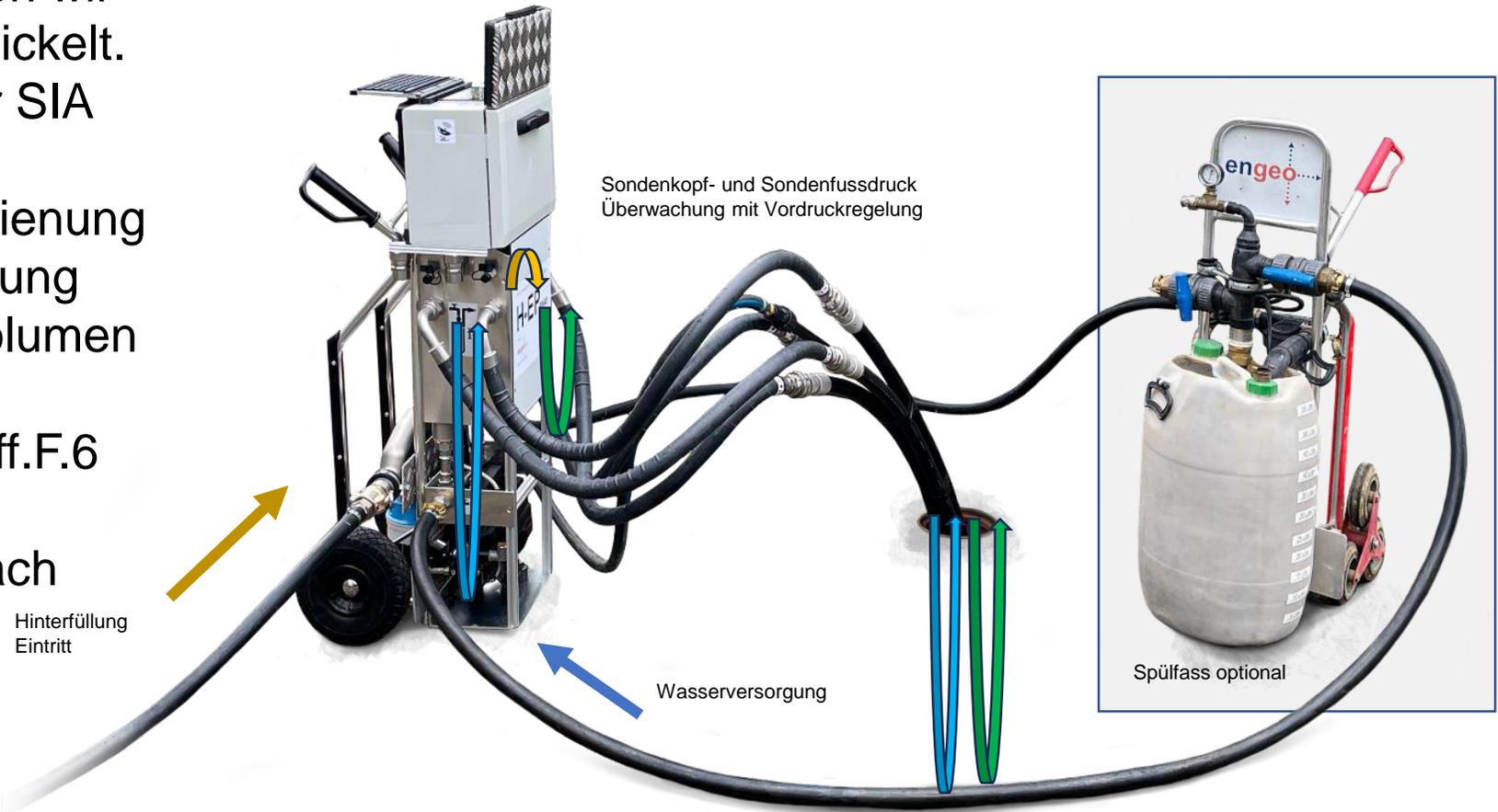
- **Hinterfüllung**
 - Empfohlen: elektronische Aufzeichnung von Einpressdruck, Masse und Volumen über den ganzen Hinterfüllungsvorgang (Ziff.5.3.8).
- **Erdwärmesonde**
 - Vorgeschrieben: elektronische Aufzeichnung und Protokollierung, inklusive Vergleichsrechnung (Ziff. 6.1):
 - Spülen, um Schmutz sicher auszuspülen, Definition siehe Ziff.F.6
 - Durchfluss- und Differenzdruckprüfung, siehe Ziff.B.1
 - Dichtigkeitsprüfung, Verfahren siehe Ziff.B.2



Messautomat für die SIA 384/6:2021 Prüfungen

Um die Anforderungen der SIA 384/6:2021 zu erfüllen haben wir einen Messautomaten entwickelt.

- Berechnungsmodelle der SIA enthalten
- Unterstützung in der Bedienung
- Hinterfüllungsprotokollierung mit Massendichte und Volumen
- Dichtigkeitsprüfung
- Spülen der EWS nach Ziff.F.6
- Durchfluss- und Differenzdruckprüfung nach Ziff.B.1
- Dichtigkeitsprüfung nach Ziff.B.2
- Protokolle mit Bewertung
- Internetanbindung



Hinterfüllung Zielsetzung und Ausführung

Zielsetzung (Ziff.4.3.1)

- vertikale Abdichtung von unterschiedlichen Grundwasser- oder Kluftwasserhorizonten
- thermische Anbindung der Erdwärmesonde an den Untergrund,
- Einbettung und Schutz der Erdwärmesonde.

Ausführung

- 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.

Anforderungen

- Die Mischungsvorgaben des Herstellers sind einzuhalten. → die Massendichte soll über die ganze Hinterfüllung konstant sein.
- Die Hinterfüllung ist bis zur Oberfläche vollständig und lückenlos einzupressen → Das Volumen der Hinterfüllung soll im Verhältnis zum Bohrloch und der eingebauten EWS sein.
- Mindestanforderungen (Ziff.5.3.2)
 - Mindestdichte der angemachten Hinterfüllung: 1,20 kg/Liter.
 - Maximaler Durchlässigkeitsbeiwert: $K_f \leq 1 \cdot 10^{-7}$ m/s.
 - Stabilität der Mischung: Die Mischung soll genügend thixotrop sein und Sedimentation und Entmischung unterbinden. Absetzmass: max. 2 % der Bohrtiefe bzw. max. 5 m.
 - Druckfestigkeit: nach 3 Tagen $\geq 0,3$ N/mm², nach 7 Tagen $\geq 1,0$ N/mm², nach 28 Tagen $\geq 1,5$ N/mm².

Hinterfüllung Randbedingungen / Grenzwerte

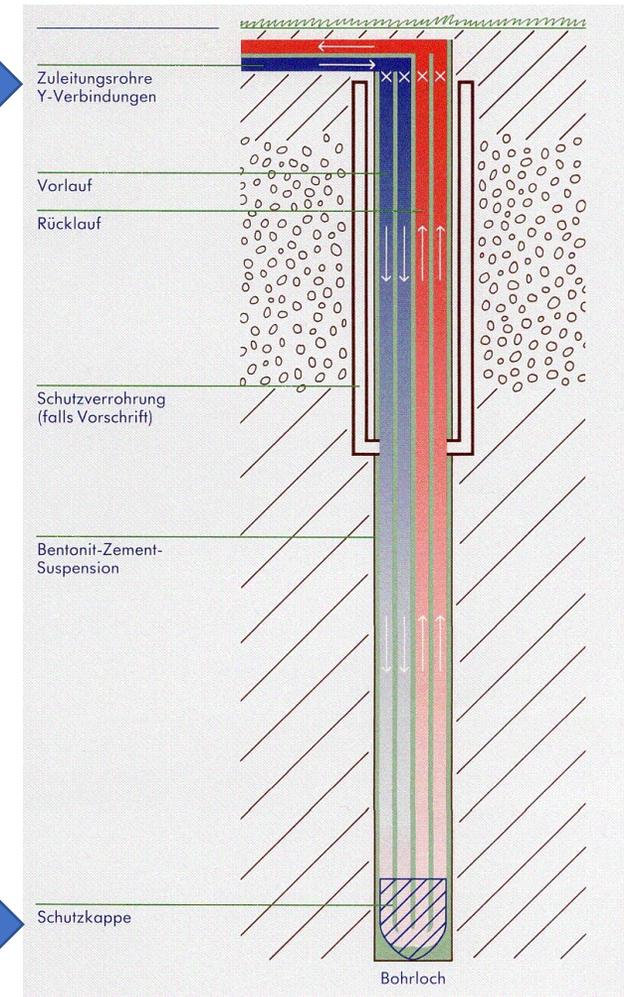
(Ziff.4.1.8) Erdwärmesondenrohre aus Polyethylen sind aus PE 100 oder besser herzustellen. Sie müssen so verwendet werden, dass die Grenzwerte nach B.2.1.2 und F.3.8 nicht überschritten werden (Innen- und Aussendruckfestigkeit). Die maximale Einbaulänge, der zulässige Betriebsdruck und die Druckverhältnisse bei Einbau und Hinterfüllung müssen berücksichtigt werden.

(Ziff.B.2.1.2) Tabelle 8 zulässige Drücke innen und aussen in Abhängigkeit des EWS- Materials.

(Ziff. F.4.3) Aussendrucke in Abhängigkeit der Hinterfüllung

Zulässiger Innendruck

Zulässiger Aussendruck



Hinterfüllung, Innen- und Aussendruck

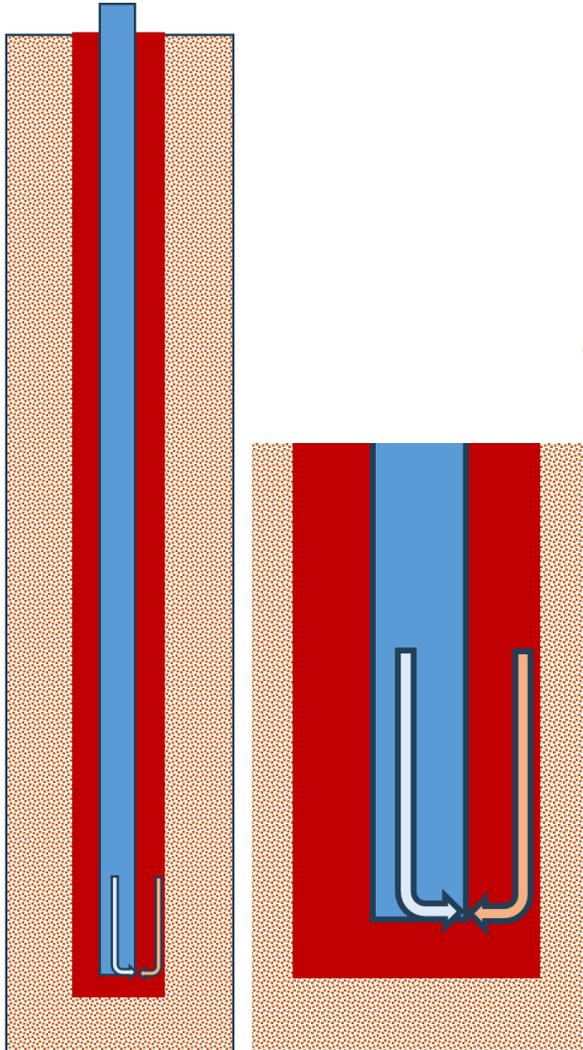
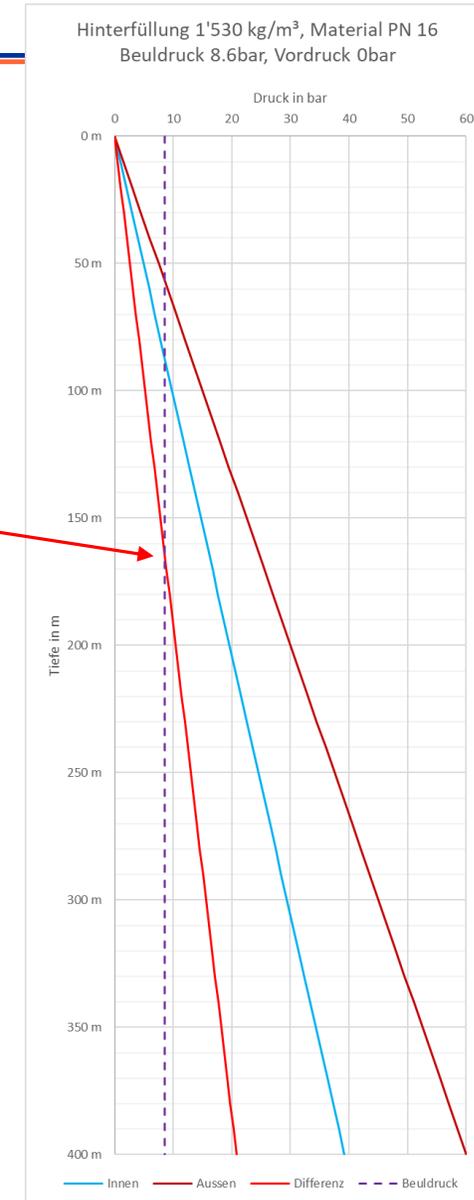


Tabelle 8 Auswahl des zulässigen minimalen und maximalen Differenzdrucks, berechnet aus Innendruck minus Aussendruck während der Prüfung (Spalten 60 Stunden) und für den Betrieb (Spalten 50 Jahre)

Druckstufe	Vollwand-PE-Rohr	Differenzdruck 60 Stunden (Prüfung)			Differenzdruck 50 Jahre (Betrieb)	
		Aussendruck > Innendruck 20°C (EWS-Fuss)	Innendruck > Aussendruck 20°C (Standard)	Innendruck > Aussendruck 27°C (Sommer)	Aussendruck > Innendruck 20°C nach VKR RL 03 $E_{R,lang,S=2}$	Innendruck > Aussendruck 20°C
PN 16	SDR 11	-8,2 bar	22,8 bar	21,0 bar	-1,8 bar	16,0 bar
PN 20	SDR 9	-12,5 bar	28,5 bar	26,2 bar	-3,5 bar	20,0 bar
PN 25	SDR 7.4	-18,4 bar	35,6 bar	32,8 bar	-6,8 bar	25,0 bar
PN 32	SDR 5.6	-31,3 bar	45,6 bar	41,9 bar	-18,3 bar	32,0 bar
PN 40	SDR 5	-38,9 bar	57,0 bar	52,4 bar	-27,9 bar	40,0 bar

- Auf dem EWS-Rohr wirkt der Differenzdruck zwischen Hinterfüllung (ausen) und wassergefüllter EWS.
- Steigt der Aussendruck über den zulässigen Beuldruck, wird die EWS zusammengedrückt.
- Im Beispiel (1530 kg/m³) kann die EWS nur bis 160m eingebaut werden



Hinterfüllung, Innen- und Aussendruck

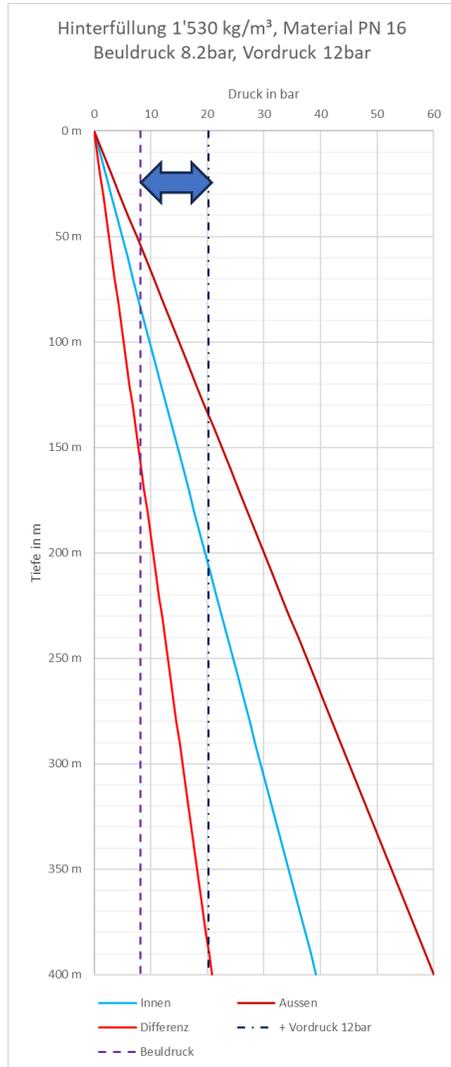
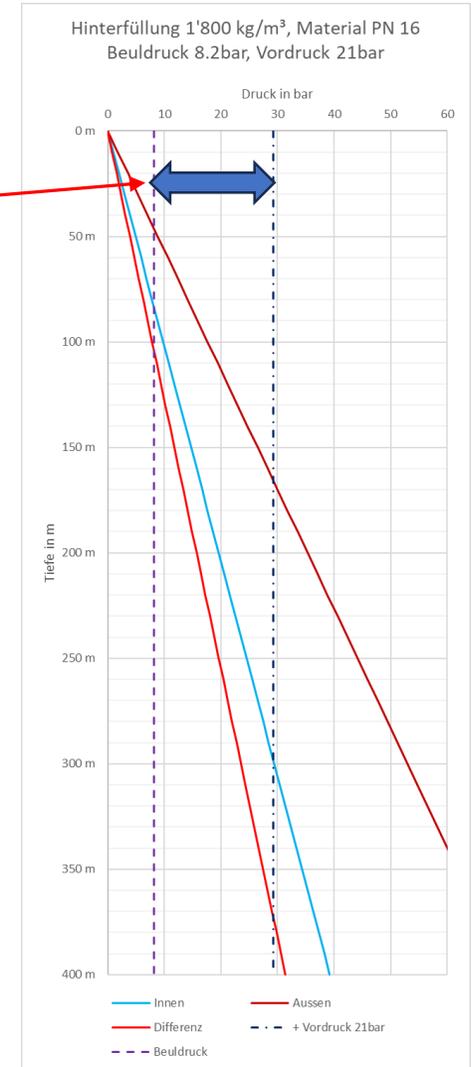


Tabelle 8 Auswahl des zulässigen minimalen und maximalen Differenzdrucks, berechnet aus Innendruck minus Aussendruck während der Prüfung (Spalten 60 Stunden) und für den Betrieb (Spalten 50 Jahre)

Druckstufe	Vollwand-PE-Rohr PE 100	Differenzdruck 60 Stunden (Prüfung)			Differenzdruck 50 Jahre (Betrieb)	
		Aussendruck > Innendruck 20°C (EWS-Fuss)	Innendruck > Aussendruck 20°C (Standard)	Innendruck > Aussendruck 27°C (Sommer)	Aussendruck > Innendruck 20°C nach VKR RL 03 $E_{B,eng,S=2}$	Innendruck > Aussendruck 20°C
PN 16	SDR 11	-8,2 bar	22,8 bar	21,0 bar	-1,8 bar	16,0 bar
PN 20	SDR 9	-12,5 bar	28,5 bar	26,2 bar	-3,5 bar	20,0 bar
PN 25	SDR 7.4	-18,4 bar	35,6 bar	32,8 bar	-6,8 bar	25,0 bar
PN 32	SDR 5.6	-31,3 bar	45,6 bar	41,9 bar	-18,3 bar	32,0 bar
PN 40	SDR 5	-38,9 bar	57,0 bar	52,4 bar	-27,9 bar	40,0 bar

Um die Einsatztiefe bei schwerer Hinterfüllung zu erhöhen, muss vor dem Hinterfüllen ein Vordruck auf die EWS aufgebracht werden. Links z.B. 12 bar, was für eine Hinterfüllung von 1530 kg/m³ bis 400m Tiefe genügend ist. Rechts maximaler Vordruck von 21 bar für eine PN16 EWS. Bei diesem Vordruck muss das ganze Bohrloch mit Wasser gefüllt sein.



HEP Unterstützung auf der Baustelle

Bohrstellenmischung: 100 kg Bentonit + 200 kg Zement + 850 kg Wasser	850 L	300 kg	1.20 kg/L
Schwenk Füllbinder V	60 L	25 kg	1.24 kg/L
Küchler Injektherm 110	20 L	25 kg	1.46 kg/L
Küchler Zeotherm 2.0	20 L	25 kg	1.53 kg/L
Schretter Novinjekt FM 2	17.5 L	25 kg	1.60 kg/L
Rohrdorfer GEOTHERMIT@EWS	20 L	25 kg	1.80 kg/L

The screenshot shows the main software interface with the following fields:

- HEP ID: Version**
- Objekt:** Test EWS
- Auftrag Nr.:** Engeo Service
- Auftraggeber:**
- EWS-Hersteller:** Haka Gerodur
- Fabrikations-ID:**
- Rollenpaar-Nr.:**
- Bohrfirma:**
- Geräteführer:** Mustermax
- EWS Einbaudatum:** 09/01/2024 14:39
- Hinterfüllungsdatum:** 09/01/2024 14:39
- Hinterfüllung-Fabrikant:** Schwenk Füllbinder V
- Dichte Hinterfüllung:** 1240.0 kg/m3
- EWS-Eckdaten:** EWS-Nr. (_KS), EWS-Lieferlänge (350 m), EWS-Einbaulänge (350 m), EWS-Type (EWS 40 PN 16), Innendurchmesser (32.6 mm), Aussendurchmesser (40.0 mm), Art des Anschlusses (Smart Tight (Schlauch 31x19n)), KVS des HEP @ 15°C
- EWS Anschluss:** 2 Kreise seriell
- GPS Breite:** N47.442197°
- GPS Länge:** E9.253554°
- GPS Höhe:** 638.4m

- Auswahl des Hinterfüllungsmaterial aus Liste
- Angaben der Mischung bei Einsatz eines Kollodialmischer

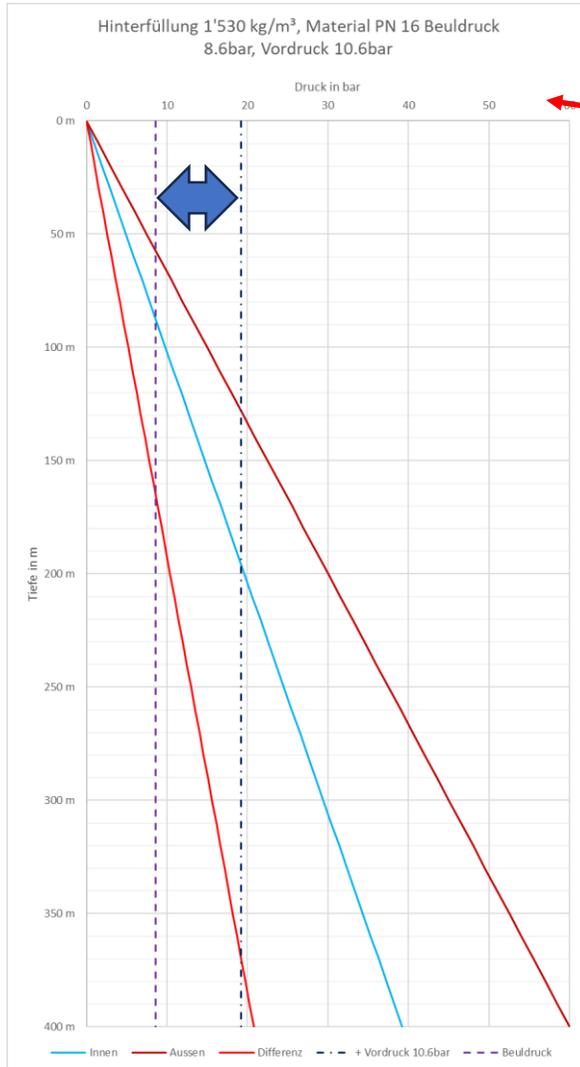
The screenshot shows a list of materials for selection:

- Schwenk Füllbinder V
- Schretter Novinjekt FM 1.5 light
- Küchler Injektherm 110
- Rohrdorfer RoV E
- Bohrstellenmischung: 100 kg Bentonit + 200 kg Zement + 850 kg Wasser
- Küchler Zeotherm 2.0
- Schwenk Füllbinder GTM-hs pro S
- BTD Füller 350
- Küchler Injektherm 150
- Küchler Zeo Therm 1.0
- HDG Thermo HS
- HDG Daemo 450 HS
- HDG Extro HS
- Schretter Novinjekt FM 2
- BTD ThermoCem

The screenshot shows the 'Hinterfüllungs Auswahl' dialog box with the following fields:

- Auswahl Hinterfüllungs Fabrikant:** Hinterfüllung-Fabrikant (Schwenk Füllbinder V)
- Dichte Hinterfüllung:** 1240 kg/m3
- Mischempfehlung für Kollodialmischer:**
 - Kollodialmischer Volumen: 140 L
 - Anzahl Säcke (25kg): 2.0
 - Wassermenge: 120 L
- Übernehmen** button

HEP Unterstützung auf der Baustelle, Vordruck EWS



Beispiel mit Schwenk Füllbinder GTM-hs (1530 kg/m³) und einer 350m EWS PN16
 Es muss ein Vordruck aufgebaut werden. Auf dem H-EP kann im Menü „Hinterfüllung“ über Check Sonde die Berechnung gemäss der Eingabe abgerufen werden. Der empfohlene Vordruck wird angegeben.

The screenshot shows the 'Hinterfüllung' menu in the H-EP software. The 'Eingaben' (Inputs) section includes:

- Hinterfüllung: Soll-Dichte 1530 kg/m³
- Bohrung: Bohrloch-Ø 130 mm, Bohrtiefe 350 m

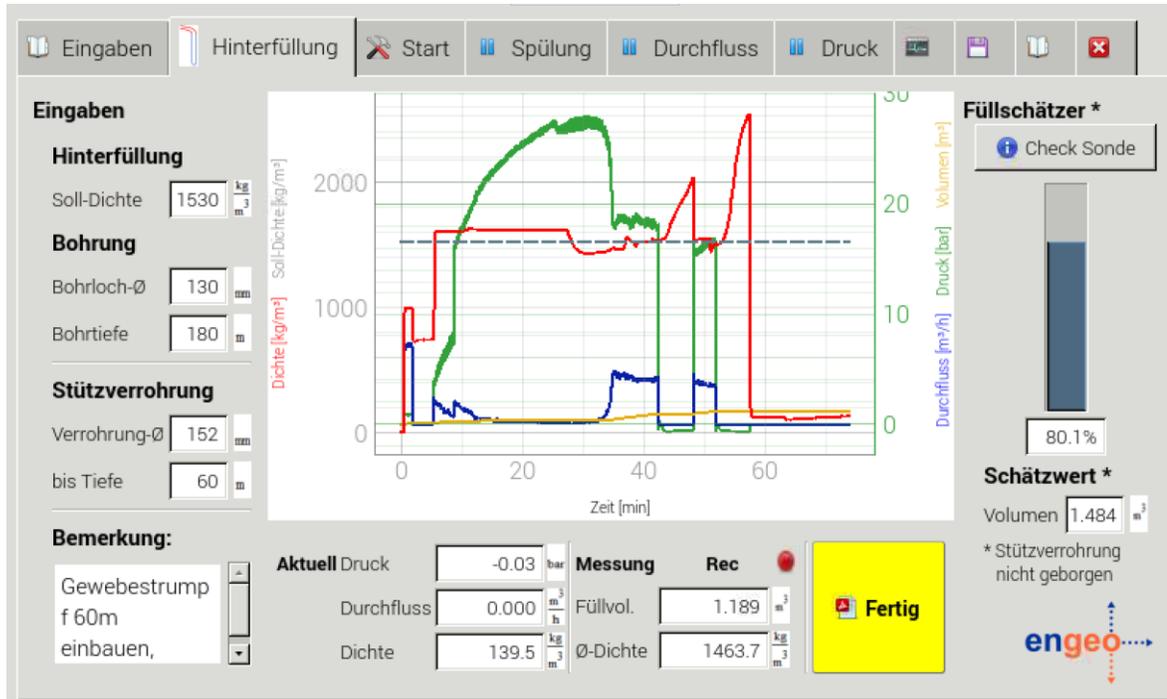
The 'Check des Sonden Innen- und Aussendricks' (Check of probe internal and external pressure) section displays the following results:

- Sondenkopf (Probe Head):**
 - Innendruckfestigkeit Sonde (Internal pressure strength of probe): Zulässiger Druck 23.28 bar
 - Max. Druck während Hinterfüllung (Max. pressure during backfilling): Erwarteter Druck 14.4bar
 - Empfohlener Sonden Vordruck (Recommended probe pre-pressure): Sonden Vordruck 10.6bar
- Differenzdruck am Sondenfuss (Differential pressure at probe bottom):**
 - Zulässig (Permissible): 8.60 bar
 - Berechnet (Calculated): 18.20 bar

A text box explains: "Der Hinterfüllungsdruck (statische Differenzdruck) übersteigt den zulässigen Aussendruck. Für die Hinterfüllung muss die EWS vollständig mit Wasser gefüllt sein und zusätzlich unter Druck gesetzt werden (Druck vor Hinterfüllung 10.6bar). Dabei darf aber der Kopfdruck nicht über 23.3bar gehen. Er wird während der Hinterfüllung auf ca. 14.4bar ansteigen. Die Druckprüfung kann gestartet werden, wenn der Manometerdruck unter den *zulässigen Aussendruck* von 8.6bar gefallen ist."

Buttons for 'Eingaben', 'Hinterfüllung', 'Setup', 'Spülung', 'Durchfluss', 'Druck', and 'Füllschätzer *' are visible at the top. A 'Check Sonde' button is also present in the 'Füllschätzer' section.

HEP Unterstützung auf der Baustelle, Anzeige und Protokoll



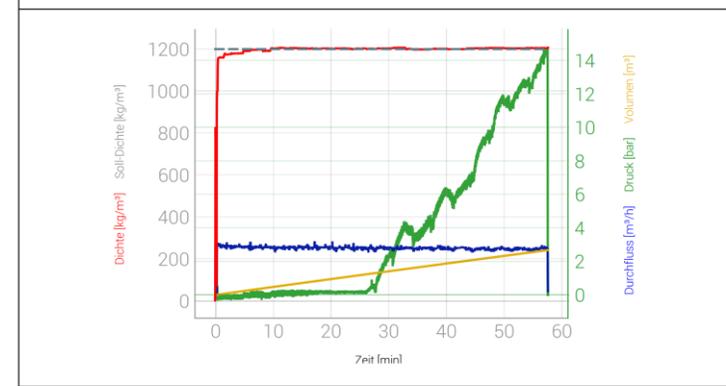
- Objektdaten
- Messung und Anzeige
 - Soll- und Istvolumen
 - Dichte Soll und Ist
- Protokoll mit Prüfcode

Hinterfüllungsmessung Protokoll H-EP

ARMETTER
erdenergie.ch

Elektronische Erfassung mit H-EP-PN40

Eckdaten		Bohrung	
Objekt:		Bohrloch Durchmesser	mm 135
Projekt		Bohrloch Tiefe	m 300.0
8345 erholungshause 32		Stützverrohrung Durchmesser	mm 159
Auftrag Nr. 2021.850		Stützverrohrung Tiefe	m 10.0
Auftraggeber halg.co ag nicolas boni		Bemerkung	
Bohrmeister sayit oelmez		H-EP Info:	
Erdwärmesonden:		Geräte ID:	Nr. HEP008
EWS	Nr. 002	Firmware	Nr. 0.24
GPS: Latitude (N / S)	° N47.345427°	Messung	
GPS: Longitude (E / W)	° E8.844490°	Hinterfüllungsmessung:	
Höhe	m.ü.M. 812.9m	Fabrikat:	fullbinder v
Hersteller	jansen hipress pn 35	Start Messung (Datum / Zeit)	21/10/2022 11:19
Typ	JANSEN hipress	Ende Messung (Datum / Zeit)	21/10/2022 12:17
Fabrikation-ID	Nr. 4235	Max. Druck	bar 14.79
Rollenpaar	Nr. 4008.4008	Volumen-Soll	m ³ 2.634
Lieferlänge	m 300.0	Volumen-Ist	m ³ 2.6657
Einbaulänge	m 300.0	Volumen-Abweichung	% 1.2
Durchmesser aussen	mm 42.00	Dichte-Soll	kg/m ³ 1200.0
Wandstärke	mm 3.5	Dichte-IST	kg/m ³ 1198.7
Einbaudatum	21/10/2022 10:58	Dichte-Abweichung	% -0.1
* Osten			

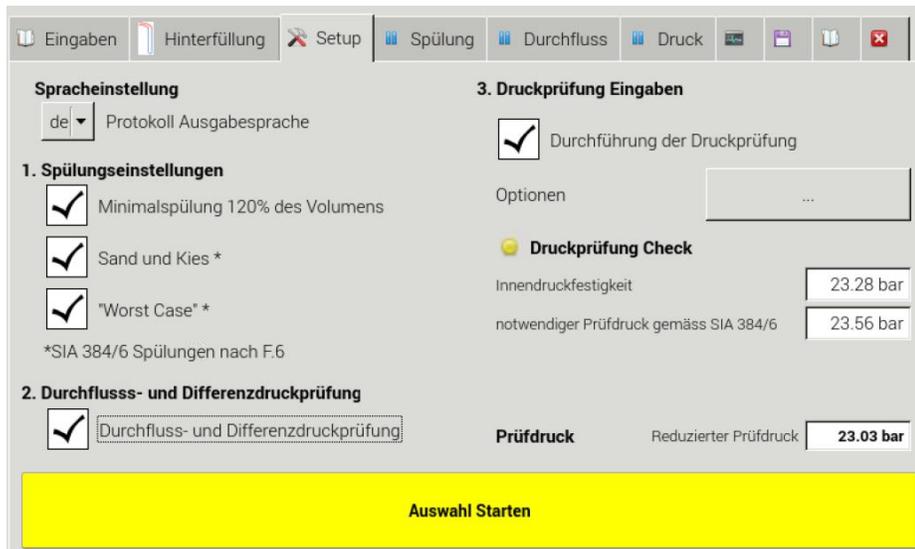


Prüfcode:	79f60d906ae50c51e754 65e7eaa7d21a59ff493	engeo	
-----------	---	-------	---

Prüfung der Erdwärmesonde nach SIA 384/6:2021: Spülen, Durchfluss- und Dichtigkeitsprüfung

- 6.1.1 Die Erdwärmesonden werden von der Bohrfirma im Anschluss an das Versetzen – vor dem Verbinden zur Wärmepumpe – geprüft.
- 6.1.2 Die Abnahmeprüfung erfolgt in drei Schritten:
 - 6.1.2.1 Spülen: Die Erdwärmesonde wird Kreis für Kreis ab Bauwasseranschluss, Hydrant oder Spüleinheit mit Filter durchgespült, um allfällige Schmutzpartikel auszuspülen. Der Spülvorgang ist so festzulegen, dass Schmutzpartikel sicher ausgespült werden. Details siehe F.6.3.
 - 6.1.2.2 Durchflussprüfung: Mit der Durchflussprüfung wird sichergestellt, dass kein erhöhter hydraulischer Widerstand vorhanden ist. Bei konstanter Durchflussrate wird die Druckdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf gemessen und mit dem theoretischen Wert aus B.1 verglichen. Die Durchflussprüfung muss elektronisch gemessen und aufgezeichnet werden. Die Messung ist mit der Berechnung des Planers zu vergleichen. Es sind maximale Abweichungen von $\pm 15\%$ zulässig
 - 6.1.2.3 Dichtheitsprüfung: Die Erdwärmesonde muss nach dem Einbringen der Hinterfüllung, solange die Hinterfüllung noch plastisch ist, mit einem Kontraktionsverfahren in Anlehnung an SN EN 805 auf Dichtheit geprüft werden. Das Verfahren ist in B.2 beschrieben. Die Dichtheitsprüfung muss elektronisch gemessen und aufgezeichnet werden.
- 6.1.3 Die Toleranz der Messgeräte darf 5 % nicht überschreiten.

HEP Prüfung: Spülen, Durchfluss und Dichtigkeitsprüfung (F.6, B.1, B.2)



The screenshot shows the 'Spülung' (Flushing) tab of the HEP software. It is divided into three main sections:

- Spracheinstellung:** Language set to 'de', with 'Protokoll Ausgabesprache'.
- 1. Spülungseinstellungen:** Includes checkboxes for 'Minimalspülung 120% des Volumens', 'Sand und Kies *', and '"Worst Case" *'. A note below states '*SIA 384/6 Spülungen nach F.6'.
- 2. Durchfluss- und Differenzdruckprüfung:** Includes a checked checkbox for 'Durchfluss- und Differenzdruckprüfung'.
- 3. Druckprüfung Eingaben:** Includes a checked checkbox for 'Durchführung der Druckprüfung', an 'Optionen' field, and input fields for 'Innendruckfestigkeit' (23.28 bar) and 'notwendiger Prüfdruck gemäss SIA 384/6' (23.56 bar). A 'Prüfdruck' field shows '23.03 bar'.

A large yellow button labeled 'Auswahl Starten' is at the bottom.

Auswählen der Spülung nach F.6
Durchflussprüfung nach B.1
Dichtigkeitsprüfung nach B.2

In der SIA 384/6:2021 sind neu auch Spülprüfungen enthalten. Die notwendigen Parameter werden vom H-EP in Abhängigkeit vom Sondentyp, Länge und dem vorhandenen Wasserdruck (Durchflussgeschwindigkeit) während der Prüfung laufend berechnet

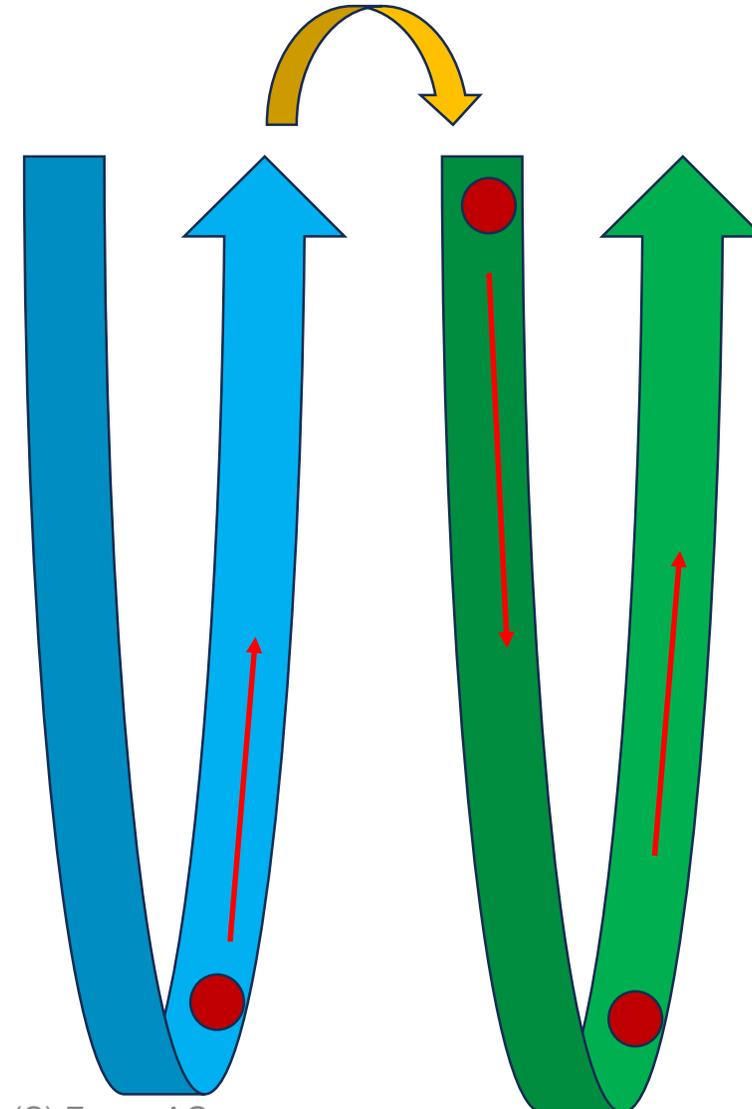
Nach Betätigung der «Start»-Taste laufen die gewählten Prüfungen vollautomatisch ab. Der aktuelle Stand wird auf dem Display angezeigt, so dass der Benutzer jederzeit über die Güte der Prüfung informiert ist.

Der nötige Prüfdruck für die Druckprüfung muss nicht eingegeben werden. Er wird automatisch gemäss Sonden Eingaben (Typ, Tiefe) und (gemessener) Hinterfüllungsdichte nach SIA 384/6 errechnet. Das HEP überprüft den Prüfdruck entsprechend dem eingebauten Sondentyp auf Zulässigkeit und senkt ihn bei Bedarf automatisch, um Schäden an der EWS zu verhindern.

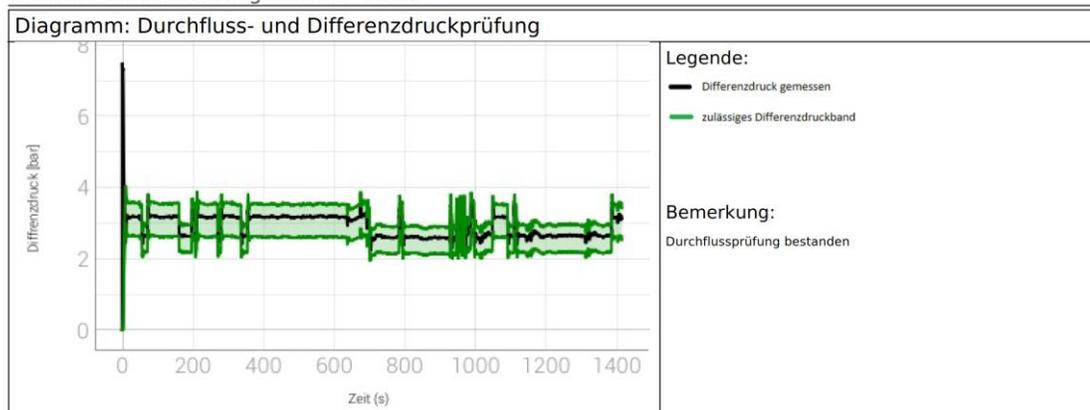
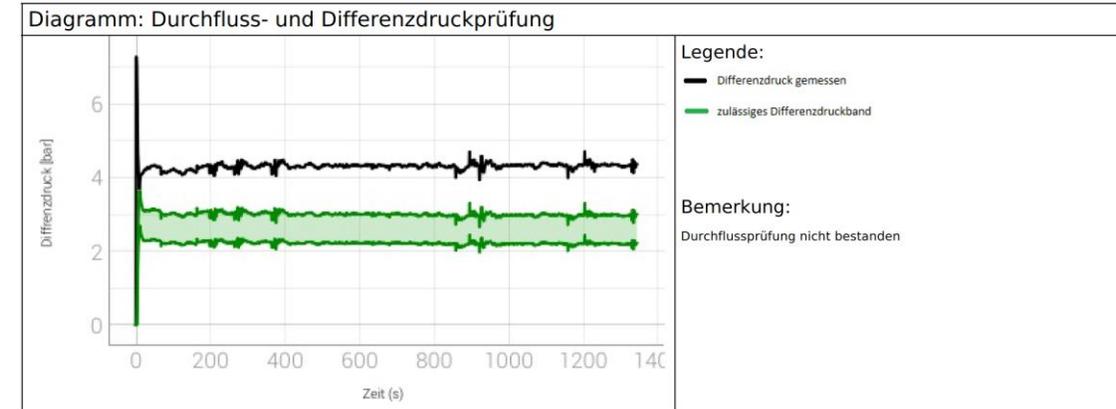
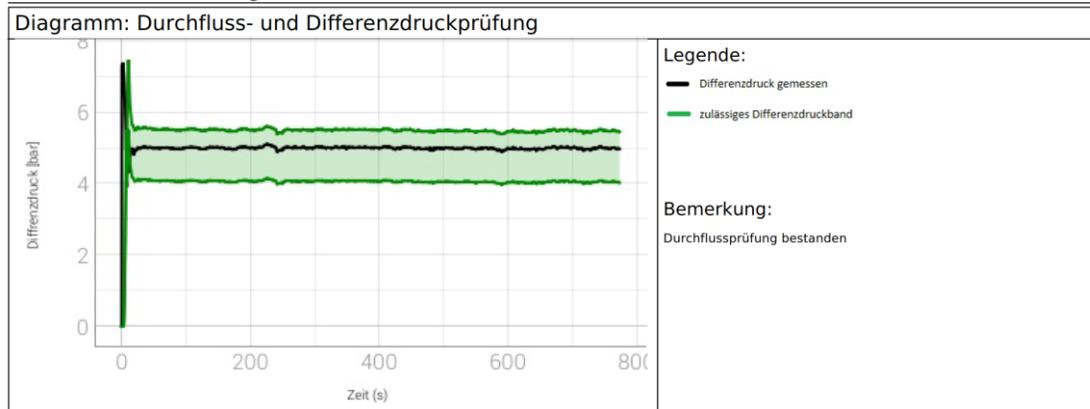
HEP Prüfung: Prüfung der Erdwärmesonde: Ausspülen von Steinen (F.6)

Eingaben		Hinterfüllung		Setup		Spülung		Durchfluss		Druck		
HEP ID: Version		EWS-Eckdaten		Neu		Öffnen		Speichern		d		
Objekt	Test EWS	EWS-Nr.	_KS														
Auftrag Nr.	Engeo Service	EWS-Lieferlänge	250 m														
Auftraggeber		EWS-Einbaulänge	250 m														
EWS-Hersteller	Haka Gerodur	EWS-Type	EWS 40 PN 16														
Fabrikations-ID		Innendurchmesser	32.6 mm														
Rollenpaar-Nr.		Aussendurchmesser	40.0 mm														
Bohrfirma		Art des Anschlusses	Smart Tight (Schlauch 31x19m)														
Geräteführer	Mustermx	KVS des HEP @ 15°C	(bei Druckdifferenz von 1 bar)														
EWS Einbaudatum	09/01/2024 14:39	EWS Anschluss															
Hinterfüllungsdatum	09/01/2024 17:07	<input type="radio"/> 1 Kreis															
Hinterfüllung-Fabrikat ...	Küchler Injektherm 110	<input checked="" type="radio"/> 2 Kreise seriell															
Dichte Hinterfüllung	1460.0 kg/m3	<input type="radio"/> 2 Kreise parallel															
Besondere Vorkommnisse		GPS Breite	N47.442197°														
Bemerkungen:		GPS Länge	E9.253554°														
		GPS Höhe	638.4m														

- Beim Ausspülen von Steinen und Sand sollte entweder nur 1 Kreis oder üblich 2 Kreise in Serie angeschlossen werden.
- Die Position von Sand (5mm Kugel) oder Steinen (beste Grösse, je nach EWS Innendurchmesser wird kontinuierlich entsprechend dem Volumenstrom berechnet. Je grösser der Durchfluss, desto schneller ist die Spülung beendet.



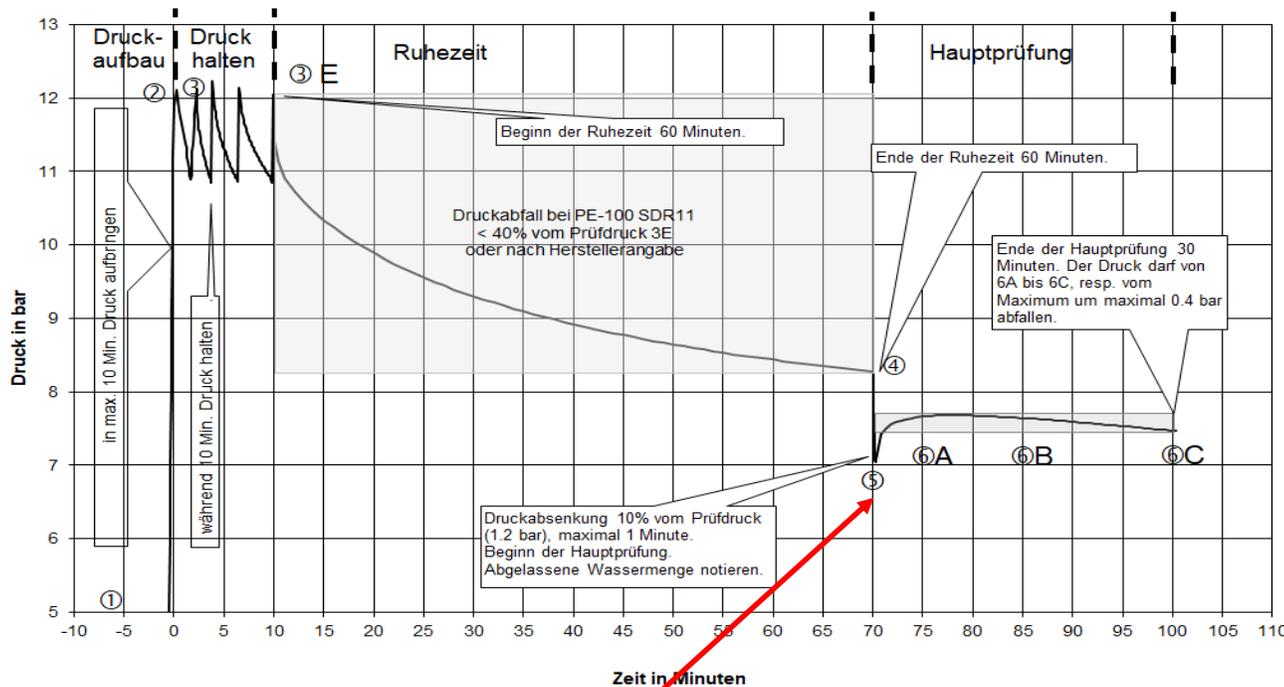
HEP Prüfung: Prüfung der Erdwärmesonde: Durchflussprüfung (B.1)



- Während der Durchflussprüfung wird ein grünes Toleranzband $\pm 15\%$ zur aktuellen Messung (schwarz) angezeigt.
- Die Messung kann damit adhoc auf Plausibilität (Fehleingaben oder -anschlüsse) und Durchflussprobleme überprüft werden.

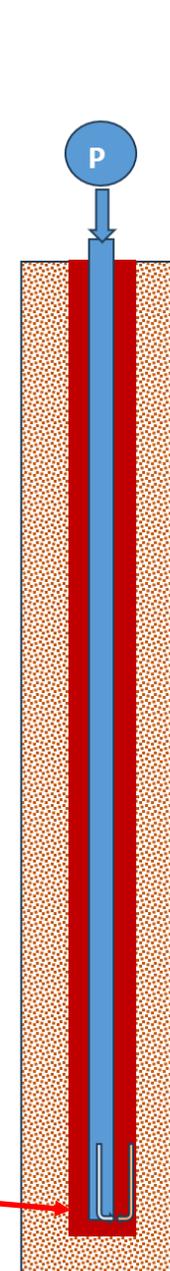
Prüfung der Erdwärmesonde nach SIA 384/6:2021: Dichtheitsprüfung in Anlehnung an SN EN 805.

Der Druck wird am Kopf der Erdwärmesonde gemessen

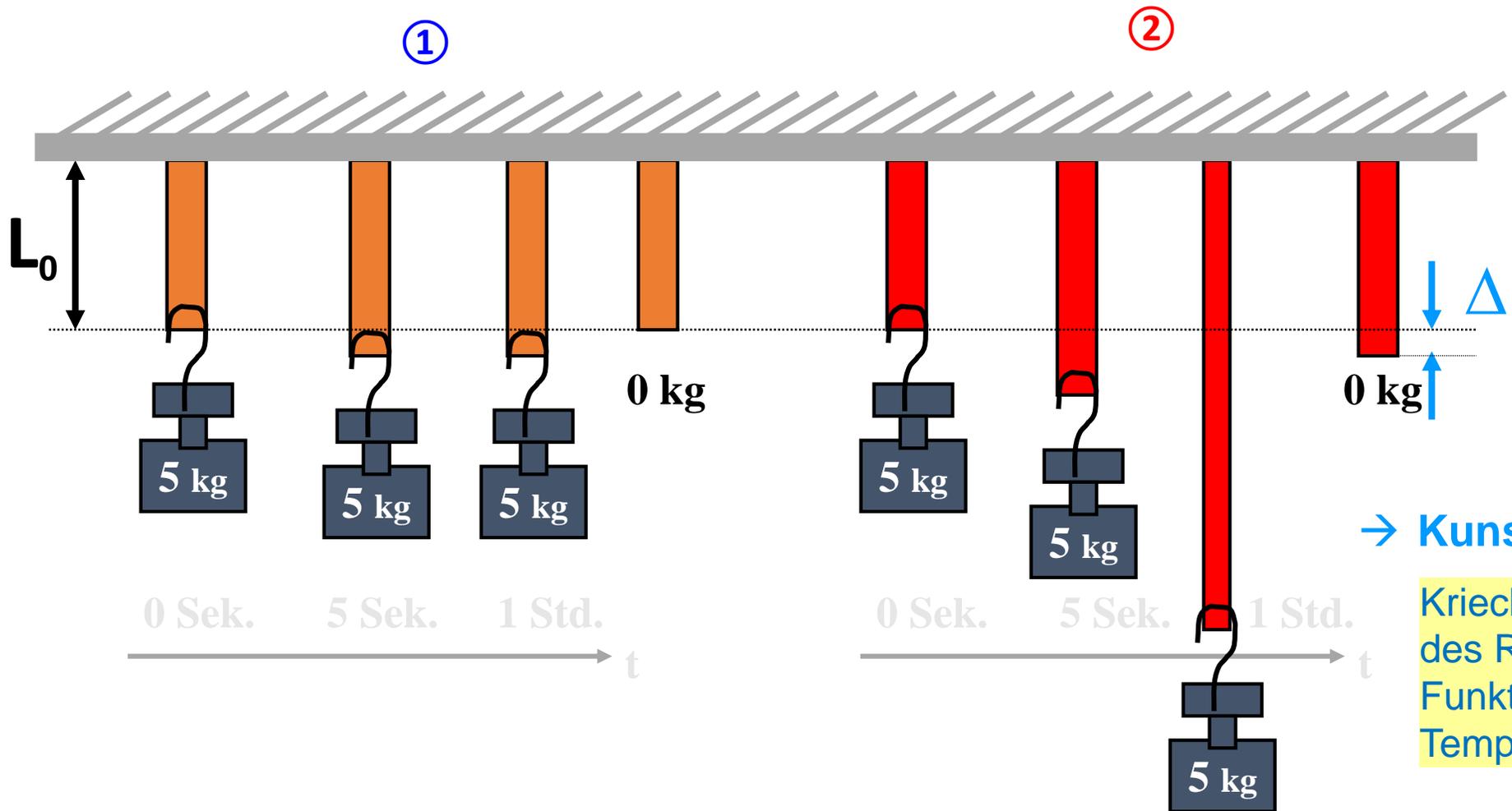


Bei Punkt (5) soll am Sondenfuss immer noch ein Überdruck ($> 0.5\text{bar}$) vorhanden sein

Es wird angenommen, die Hinterfüllung verhalte sich wie eine Flüssigkeit mit hoher Dichte



Verhalten von PE-Kunststoff unter Spannung



→ **Kunststoffe kriechen !**

Kriechen → der E-Modul des Rohrmaterials ist eine Funktion von Spannung, Temperatur und Zeit

Dichtheitsprüfung der Erdwärmesonde nach SIA 384/6:2021

Randbedingungen (Ziff. B.2.1.2)

- Vollständige Füllung mit Wasser (luftfrei gespült).
- Lückenlose Hinterfüllung mit einer plastischen oder fließfähigen Suspension, die für die Prüfung noch nicht abgebunden sein darf.
- In Klüftzonen und in permeablen Bereichen, wo in Absprache mit den zuständigen Behörden die Hinterfüllung nicht komplett ausgeführt wurde, muss die Dichtheitsprüfung den Gegebenheiten angepasst werden, um eine Schädigung der Erdwärmesondenrohre zu verhindern. Dies gilt auch bei speziellen Typen von Erdwärmesonden.
- Keine direkte Sonneneinstrahlung auf die Rohre.
- Der Prüfdruck ist so gewählt, dass der Überdruck in den Rohren am Erdwärmesondenfuss während der ganzen Prüfung (Figur 6) mindestens 0,5 bar ist. Unabhängig davon ist der minimale Prüfdruck 7,5 bar.
- Während des Tests darf das Rohrmaterial nicht überlastet werden. Es sind die Grenzen entsprechend den eingesetzten Rohrdimension(en) gemäss Tabelle 8 oder Herstellerangabe, Differenzdruck 60 Stunden, einzuhalten. Ist der Differenzdruck grösser, so besteht die Gefahr der Ausbeulung (Innendruck ist grösser als Aussendruck). Wird die untere Grenze unterschritten (Aussendruck grösser als Innendruck), so besteht die Gefahr, die Rohre zusammenzudrücken (Einbeulung).
- Besondere Beachtung ist Erdwärmesondenrohren mit variabler Wanddicke zu schenken, damit in keinem Bereich der EWS eine Überlastung stattfindet.

HEP Prüfung: Dichtigkeitsprüfung (Ziff. B.2)

HEP ID: Version
Objekt: Test EWS
Auftrag Nr.: Engeo Service
EWS-Hersteller: Haka Gerodur
EWS-Eckdaten: Neu, Öffnen, Speichern
EWS-Nr.: _KS
EWS-Lieferlänge: 250 m
EWS-Einbaulänge: 250 m
EWS-Type: EWS 40 PN 16
Innendurchmesser: 32.6 mm
Aussendurchmesser: 40.0 mm
Art des Anschlusses: Smart Tight (Schlauch 31x19ni)
KVS des HEP @ 15°C: (bei Druckdifferenz von 1bar)
EWS Anschluss: 1 Kreis, 2 Kreise seriell, 2 Kreise parallel
GPS Breite: N47.442197°, GPS Länge: E9.253554°, GPS Höhe: 638.4m

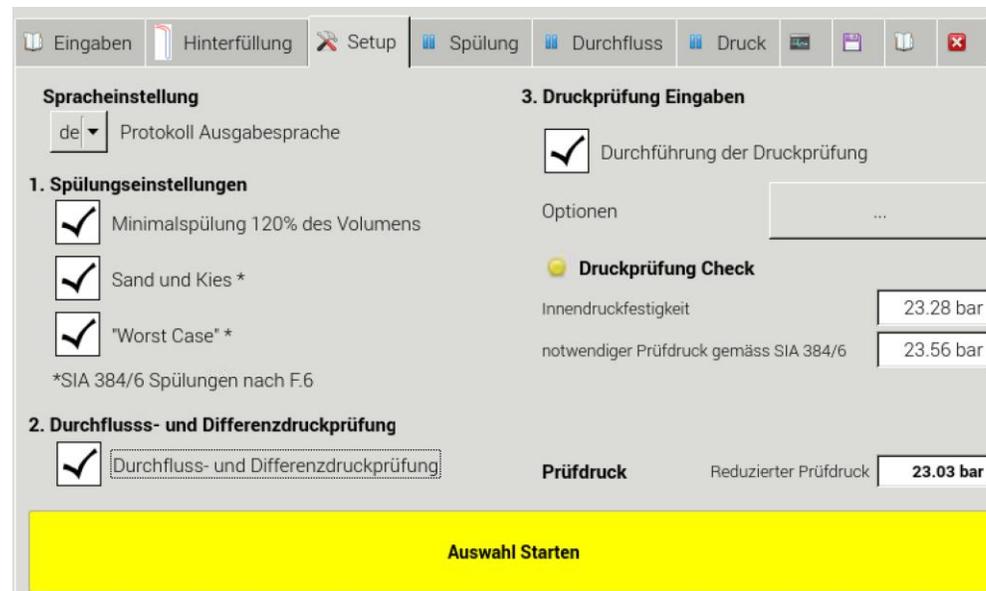
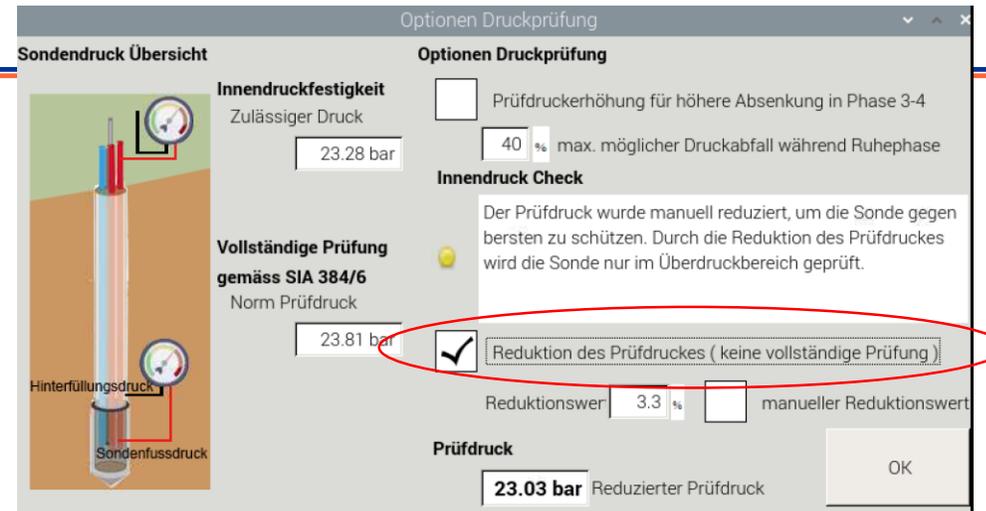
- 1) EWS erfassen
- 2) Setup Test, falls Check rot, Option abfragen
- 3) Möglichkeiten auswählen

Sondendruck Übersicht
Innendruckfestigkeit: Zulässiger Druck 23.28 bar
Vollständige Prüfung gemäss SIA 384/6: Norm Prüfdruck 23.81 bar
Optionen Druckprüfung: Prüfdrukerhöhung für höhere Absenkung in Phase 3-4, 40% max. möglicher Druckabfall während Ruhephase
Innendruck Check: Der Soll-Prüfdruck nach SIA 384/6 überschreitet die Innendruckfestigkeit der EWS. Die Prüfung kann nicht nach SIA 384/6 durchgeführt werden. Eine Teilprüfung kann jedoch mit reduziertem Prüfdruck erfolgen. Dazu bitte untere Checkbox aktivieren.
 Reduktion des Prüfdruckes (keine vollständige Prüfung)
Reduktionswert: 3.3%, manueller Reduktionswert:
Prüfdruck:
OK

3. Druckprüfung Eingaben
 Durchführung der Druckprüfung
Optionen: ...
 Druckprüfung Check
Innendruckfestigkeit: 23.28 bar
notwendiger Prüfdruck gemäss SIA 384/6: 23.56 bar
Prüfdruck:
Auswahl Starten

HEP Prüfung: Dichtigkeitsprüfung (Ziff. B.2)

- 1) Möglichkeiten auswählen
- 2) Je nach Druckabfall während der Ruhephase ergibt sich dennoch eine vollständige Prüfung
- 3) Auswahl Starten → die Prüfungen laufen selbständig ab.
- 4) Am Schluss wird ein Protokoll erstellt und abgespeichert
- 5) Das HEP läuft auch ohne Stromversorgung > 12 Stunden.



HEP Prüfung: Protokolle der Prüfungen F.6, B.1 und B.2



Erdwärmesonden Prüfprotokoll nach SIA 384/6

Elektronische Erfassung mit H-EP-PN40



Eckdaten		Durchfluss- und Differenzdruckprüfung:	
Objekt:		Datum / Zeit	16/06/2021 09:20:08
Projekt	Alte Aescherstrasse 17	Wert	Std. Abw.
Auftrag Nr.	A00001	Austrittstemperatur (Std. Abw. < 1K) ¹	15.08 0.00%
Auftraggeber		Durchfluss (Std. Abw. < 5%) ¹	3.16 0.05%
Bohrmeister		Eintrittsdruck (Std. Abw. < 5%) ¹	4.22 0.10
		Druckdifferenz-SOLL	3.12
		Druckdifferenz-IST	3.27
		Druckverlust Verteilung	Kreis 1 Kreis 2
		Differenzdruckabweichung ²	4.97
		Bewertung² (Siehe Diagramm 1)	Durchflussprüfung bestanden
Erdwärmesonden:		¹ SIA 384/6 Zf. B.1.1.2 Bedingungen für Standardabweichungen	
EWS	Nr. 2	² SIA 384/6 Zf. B.1.1.1 Bedingung für zulässige Druckdifferenz +/−15%→	
GPS: Latitude (N / S)	° N47.292981*	Dichtigkeitsprüfung:	
Longitude (E / W) *Osten	° E8.240981*	Datum / Zeit	
GPS: Höhe	m.ü.M. 557.8m	16/06/2021 09:20:09	
Hersteller	Haka Gerodur	Prüfdruck SOLL	bar 8.963
Typ	EWS 40 PN 16	Ruhephase	
Fabrikations-ID	Nr.	Prüfdruck-IST	bar 8.963
Rollenpaar	Nr.	Enddruck statisch	bar 6.056
Lieferlänge	m 190.0	Druckabfall (Zulässig < 40%) ³	% 12.1
Einbaulänge	m 190.0	Druckabfallerweiterung ⁴	% -
Durchmesser aussen	mm 40.00	Bewertung³ oder 4	erfüllt
Wandstärke	mm 3.7	Druckabsenkung	
Einbaudatum	15/06/2021 17:23	Druckabsenkung	bar 1.080
Hinterfüllung		Enddruck der Absenkung	bar 4.986
Datum / Zeit	15/06/2021 17:23	Abgelesene Wassermenge	ml 338
Fabrikat		max. zulässig Wassermenge ⁵	ml 597
Dichte-IST	kg/m ³ 1200.0	Bewertung⁵	erfüllt
H-EP Info:		Hauptprüfung	
Geräte ID:	Nr. HEP_0000	Maximaler Druck	bar 5.576
Firmware	Nr. HEP_V0.8	Enddruck	bar 5.339
Bemerkung:		Druckabfall (Zulässig < 0.4 bar) ³	bar 0.238
		Bewertung	erfüllt
		³ SIA 384/6 Zf. B.2.2	
		⁴ Manuell erhöhter Prüfdruck für grössere Druckabsenkung	
		⁵ Zulässige abgelassene Wassermenge gerechnet nach SN EN 805	
Prüfdaten			
Spülung:			
Datum / Zeit	16/06/2021 09:20:09		
Durchfluss (Ø)	m ³ /h 3.172		
Spülmenge	m ³ 1.526		
Teil des EWS-Volumen	% 240.6		
Test	ausgewählt	erfüllt	
120% Spülmenge	ja	erfüllt	
Ausspülung 5mm Kugel	ja	erfüllt	
Ausspülung «Worst Case» Kugel	ja	erfüllt	
Prüfcode:	8480c86cc2b41978f6e3db87e3ee0a649047e9		

Seite 1/2



Erdwärmesonden Prüfprotokoll nach SIA 384/6

Elektronische Erfassung mit H-EP-PN40



Diagramm: Durchfluss- und Differenzdruckprüfung	
	<p>Legende:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Differenzdruck gemessen — zulässiges Differenzdruckband <p>Bemerkung: Durchflussprüfung bestanden</p>
	<p>Legende:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Druck gemessen — zulässige Bereiche gemäß SIA 384/6 <p>Bemerkung: 1-2 Druckaufbau: Druckaufbau erfolgreich 2-3 Druckhaltung: gute Druckhaltung (erfolgreich) 3-4 Ruhezeit: Druckabfall mit 33% innerhalb der SIA 384/6 Toleranz 4-5 Druckabsenkung: Wassermergen innerhalb der Toleranz 5-6 Hauptprüfung: Hauptprüfung ist erfüllt gemäss SIA 384/6</p>
Diagrammerklärung zur Dichtprüfung SIA 384/6:2021-2-12 (Auszug aus B.2.2)	
	<p>a) 3h Ruhezeit der zu messenden Rohre in nicht belastetem Zustand (1) b) Aufbauen des Prüfdrucks bei U-Rohr-EWS nach Tabelle 9 oder bis zum maximal zulässigen Prüfdruck nach Herstellerangaben (2) a) 30 Min Aufrechterhalten des Prüfdrucks(2) bis (3) E a) 3 h Wartezeit. Während dieser Zeit kann das Rohr vollständig expandieren (3) E bis (4) e) Messung des verbleibenden Drucks(4). Die Abnahme, verursacht durch die Rohrexpansion, soll nicht grösser als 40% oder wie vom Sondenhersteller angegeben sein. Grössere Abweichungen sind auf Luft einschüsse oder Leckagen zurückzuführen. Die Prüfung ist bei Punkt a) wieder zu beginnen. f) Rasche Druckentlastung um 10% des Prüfdrucks, minimal 1bar, durch Ablassen von Wasser. Die abgelassene Wassermenge und der neue Druckwert sind zu messen (8). Kontrolle der Wassermenge nach Tabelle 10, multipliziert mit der Erdwärmesondenlänge. Eine grössere Abwassermenge ist auf Luft einschüsse zurückzuführen. Die Prüfung ist bei Punkt a) wieder zu beginnen. a) 30 Min Die Dichtprüfung ist bei kontinuierlichen Messungen bestanden, wenn der maximale Druckabfall vom Maximalwert (gemessen ab (5) bis zum Wert bei (6)), weniger oder gleich 0.4bar beträgt.</p>
Prüfcode:	8480c86cc2b41978f6e3db87e3ee0a649047e9

Seite 2/2



Protokolle ab H-EP Prüfgerät Hinterfüllung, Durchfluss- und Dichtigkeitsprüfung

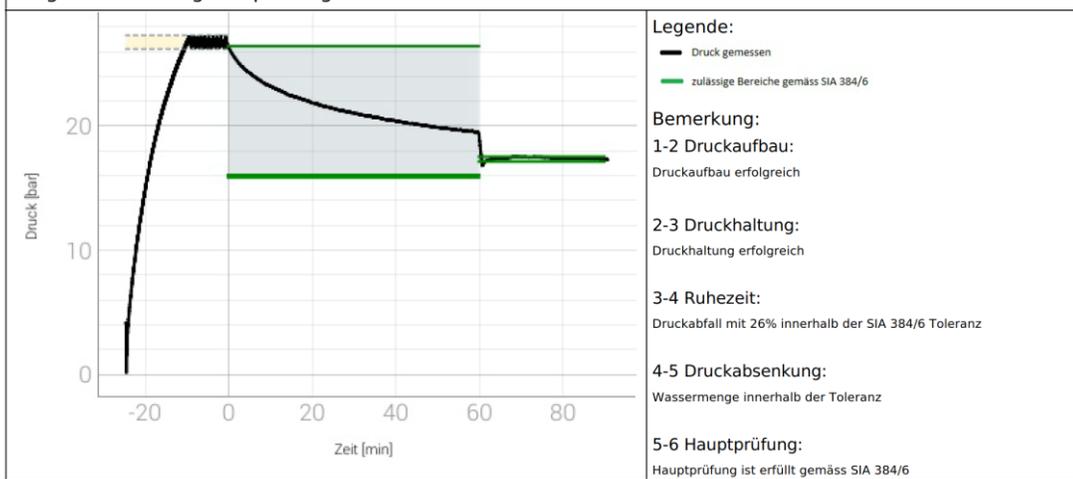
- Auf dem HEP auf der Baustelle anzeigen
- Direkt ans Büro / Kunde mailen
- Oder auf USB-Stick laden
- Auf den Protokollen ist ein Prüfcode, um die Richtigkeit der Kennzahlen überprüfen zu können

<https://engeo.ch/H-EP-PN40.html>

- Der Bohrmeister kann seine gute Arbeit beweisen
- Der Projektleiter hat jederzeit Kontrolle über den Fortschritt des Projektes
- Der Kunde erhält geprüfte Qualität

HEP Prüfung: Dichtigkeitsprüfung (Ziff. B.2), Erfahrungen

Diagramm: Dichtigkeitsprüfung

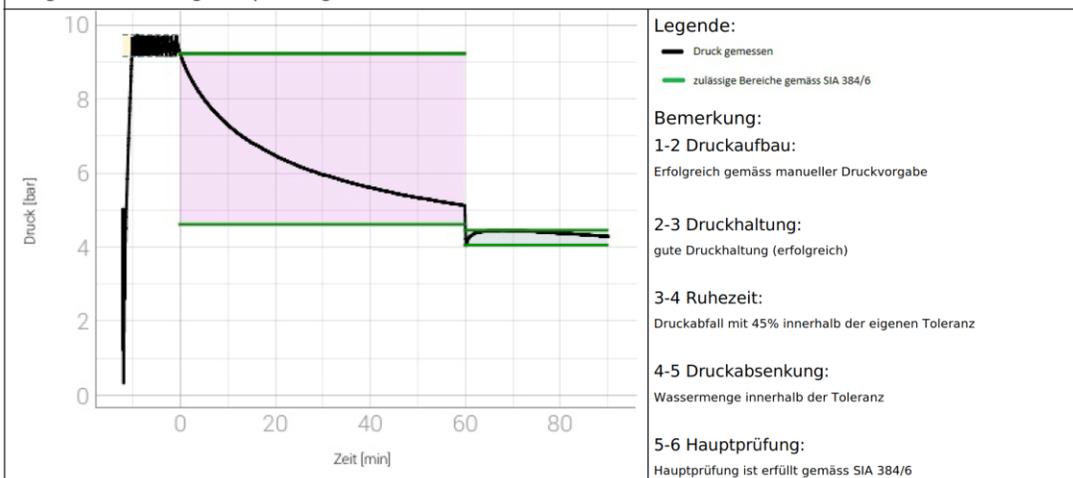


Dichtigkeitsprüfung:

Datum / Zeit	09/11/2022 11:26:10	
Prüfdruck SOLL	bar	26.756
Ruhephase		
Prüfdruck-IST	bar	26.434
Enddruck statisch	bar	19.477
Druckabfall (Zulässig < 40 %) ³	%	26.3
Druckabfallerweiterung ⁴	%	-
Bewertung ³ oder ⁴		erfüllt
Druckabsenkung		
Druckabsenkung	bar	2.753
Enddruck der Absenkung	bar	16.724
Abgelassene Wassermenge	ml	1829
max. zulässig Wassermenge ⁵	ml	1966
Bewertung ⁵		erfüllt
Hauptprüfung		
Maximaler Druck	bar	17.536
Enddruck	bar	17.291
Druckabfall (Zulässig < 0.4 bar) ³	bar	0.245
Bewertung		erfüllt

Die Erdwärmesonden reagieren teilweise sehr unterschiedlich

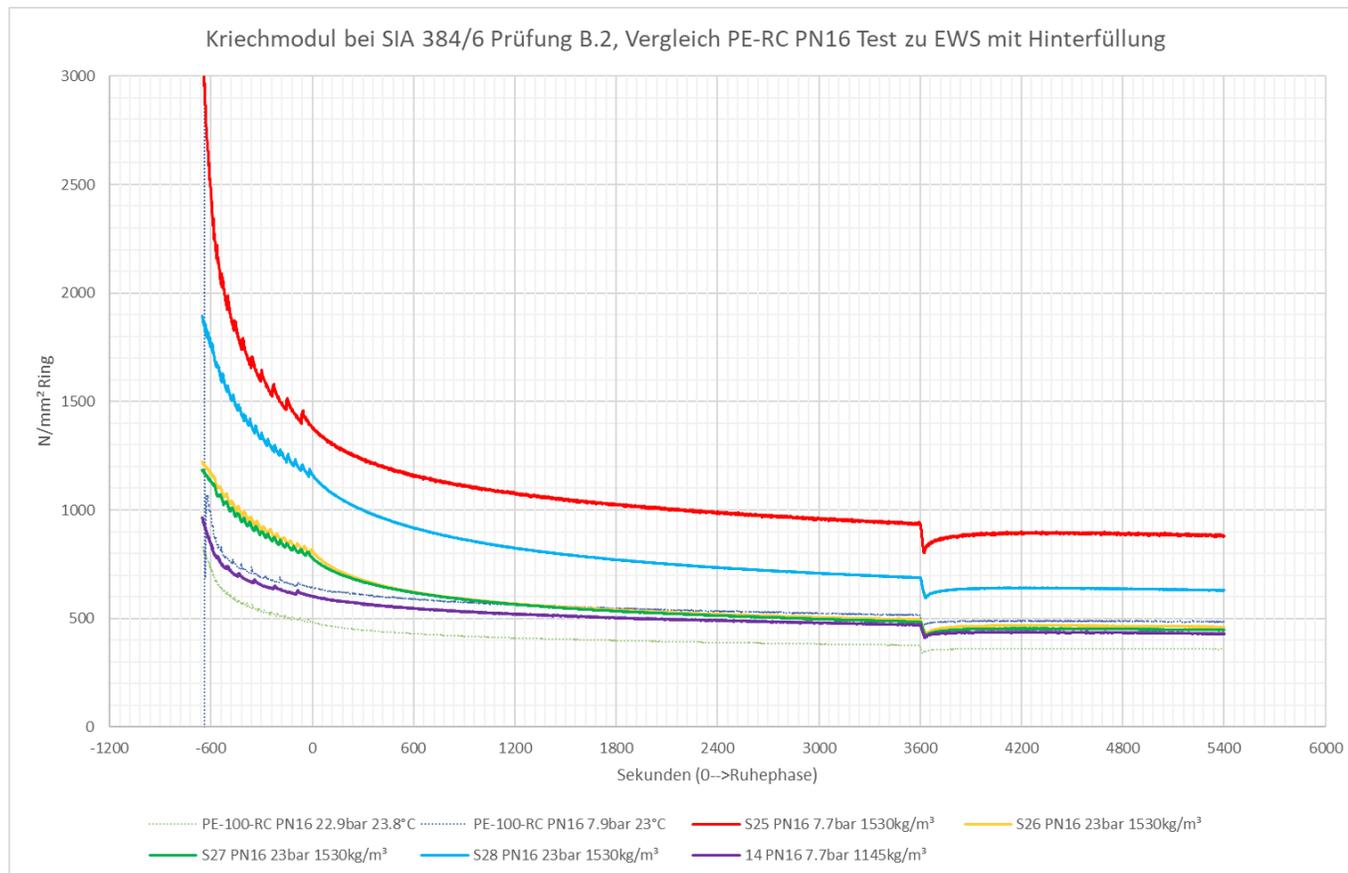
Diagramm: Dichtigkeitsprüfung



Dichtigkeitsprüfung (SIA 384/6 Ziff. B.2):

Datum / Zeit	19/06/2023 10:31:11	
Prüfdruck SOLL	bar	9.4 (manuelle Vorgabe)
Ruhephase		
Prüfdruck-IST	bar	9.226
Enddruck statisch	bar	5.125
Druckabfall (Zulässig < 40 %) ³	%	44.5
Druckabfallerweiterung ⁴	%	< 50.0
Bewertung ³ oder ⁴		erfüllt (eigene Toleranz)
Druckabsenkung		
Druckabsenkung	bar	1.101
Enddruck der Absenkung	bar	5.140
Abgelassene Wassermenge	ml	293
max. zulässig Wassermenge ⁵	ml	1534
Bewertung ⁵		erfüllt
Hauptprüfung		
Maximaler Druck	bar	4.453
Enddruck	bar	4.288
Druckabfall (Zulässig < 0.4 bar) ³	bar	0.165
Bewertung		erfüllt

HEP Prüfung: Dichtigkeitsprüfung (Ziff. B.2), Erfahrungen



Wird die eingebaute EWS zusammen mit der Hinterfüllung gemessen, steigt der E-Modul erheblich an. Die Reduktion des E-Moduls über die Zeit fällt im Verhältnis zur Test EWS ¹⁾ grösser aus. Dadurch erklärt sich der grössere Druckabfall während der Ruhezeit.

Es ist ein Zusammenwirken zwischen Gebirge, Hinterfüllung, Temperatur, Druck und Material

¹⁾ Test-EWS → horizontal gelegene EWS im Labor ohne Hinterfüllung.

Fragen



- Weitere Informationen → Sie sind an unserem Stand 159 herzlich willkommen. Ein Prüfgerät steht zum Testen da.

