



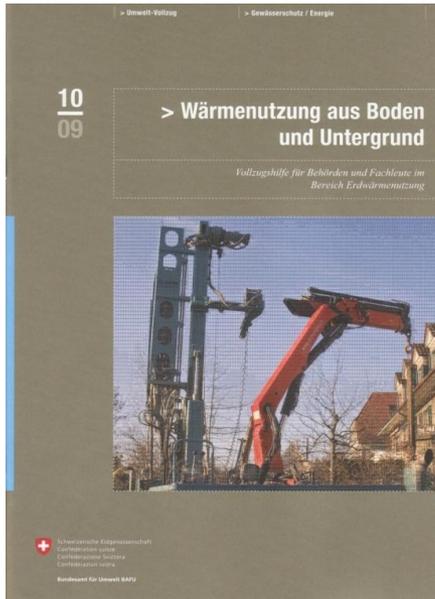
WP-/EWS-Technik update 2021

SIA 384/6:2021 «Erdwärmesonden»

Dr. Walter J. Eugster
Ressortleiter QS Bohrunternehmen



SIA 384/6:2010:
Technische CH-Norm
Zielformulierung für sicheren Betrieb
«State of the Art»
«Freiwillig»
2021: SIA 384/6 erneuert



Seit 2009:
Vollzugshilfe des Bundes
Gewässerschutz
Gesetzesinterpretation
Zwingend



Seit 2001:
Anforderungen an
Personal, Arbeitsweise
und Material
«freiwillig»

Wesentliche neue Punkte in der SIA 384/6:2021

- Kurzübersicht
- Projektierung
- Bohrung
- Einbau der Sonde
- Hinterfüllung
- Spülen der Sonde
- Prüfung der EWS: 1. Durchflussprüfung
- Prüfung der EWS: 2. Dichtheitsprüfung (Druckprüfung)



EWS-Kreislauf

Systemgrenze

Wärmepumpe

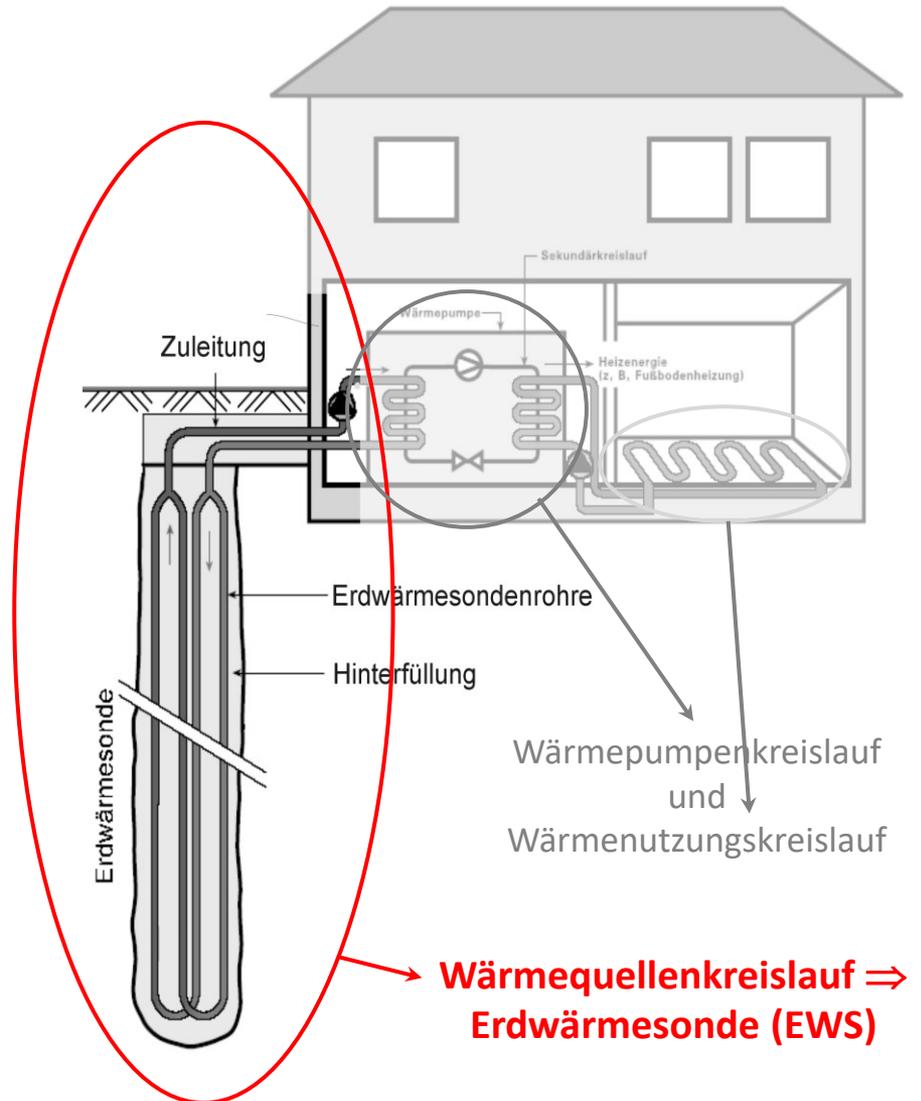
Heizbetrieb

Kühlbetrieb

bis maximal 4 Sonden bei
einfachen Anlagen

Sondenlängen bis 500 m

Neu



Projektierung:

- Für die Planung der Bohrungen ist eine Prognose der Felstiefe, der Beschaffenheit des Lockergesteins und des zu erwartenden Grundwasservorkommens erforderlich. Je nach Prognose sind entsprechende Anforderungen an die Bohrtechnik und die Ausrüstung zu stellen.
- Die Bohrstandorte für die Erdwärmesonden hängen von den örtlichen Verhältnissen und allfälligen behördlichen Auflagen ab. Im Speziellen sind die Baulinien und Grenzabstände, unterirdischen Leitungen und Bauten sowie die zulässigen, maximalen Bodenbelastungen durch die Gerätschaften abzuklären.

Neu

Neu



Projektierung:

- Die Bohrungen sind prinzipiell senkrecht auszuführen. Für Schrägbohrungen sind die allenfalls nötigen zusätzlichen Bewilligungen einzuholen (Nachbargrundstücke, Gemeinde, Kanton).
- Aus bohrtechnischen Gründen ist bei vertikalen Bohrungen zwischen einzelnen Erdwärmesonden ein **minimaler Abstand von 5 m** einzuhalten Baulinien und Grenzabstände einhalten

Weiterhin gültig



Projektierung:

- Die **Tiefe**, die **Anzahl** und der **Abstand** der Erdwärmesonden müssen so dimensioniert werden, dass die erforderlichen Leistungen und Energiemengen für Heizen und Kühlen über die gesamte Nutzungsdauer der Erdwärmesonden-Anlag bereitgestellt werden können. Dies kann mehrere Wärmepumpengenerationen umfassen.



Bohrung:

- **Es müssen Bohrgeräte und -verfahren eingesetzt werden, die für den anstehenden Baugrund geeignet sind. Grundsätzlich ist sicherzustellen, dass Bohrgerät und -personal den speziellen Anforderungen gewachsen und für nicht vorhersehbare, geogene Situationen ausgerüstet sind (Anhang E).** Für solche Situationen sind Universalbohrgeräte gut geeignet, welche sowohl für das Imlochhammer-Bohrverfahren (Spülmedium Druckluft) als auch für das Rotationsspülverfahren (Spülmedium Wasser, bei Erfordernis mit Spülmittelzusätzen) ausgerüstet sind. Die Bohrequipe muss entsprechend geschult sein. **Aussergewöhnliche Vorkommnisse (Arteser, Gas, Öl, starker Grundwasseranfall, grosse Klüfte usw.) sind den Behörden zu melden.**

Weiterhin gültig

Bohrung:

- **Bei der ersten Bohrung sind bei jedem Nachsetzen des Gestänges Proben des Bohrkleins zu nehmen** und je nach Auflage dauerhaft mit Objekt- und Tiefenangabe zu beschriften und abzupacken. Das Bohrklein ist an der Erdoberfläche vollständig zu fassen, mit Wasser gegen Staubbildung zu binden und in eine Schuttmulde abzuleiten.

Dies muss unbedingt bei der **ersten** Bohrung gemacht werden. Je nach Auflagen sind die Proben abzupacken. Sind keine Auflagen vorhanden, reicht es, die Proben auf einem Brett auszulegen.
→ **Proben sind bei einem Störfall notwendig.**

Weiterhin gültig

Bohrung:

- Um eine Erdwärmesonde sicher einbauen zu können, sind **ausreichend grosse Durchmesser** zu bohren: Die Tabelle ist *informativ*.

Erdwärmesondentyp	Hammerbohrung	Spülbohrung
32 mm Duplex	115 mm	4 $\frac{3}{4}$ " (121 mm)
40 mm Duplex	130 mm	5 $\frac{3}{8}$ " (136 mm)
50 mm Duplex	160 mm	6 $\frac{1}{2}$ " (165 mm)

Neu

Einbau der Sonde:

- Es ist sicherzustellen, dass bei den **Einbauarbeiten der Erdwärmesondenrohre die zulässigen Druckbereiche nicht überschritten werden**. Während der Einbauphase (Einbringen der Erdwärmesondenrohre bis Beendigung Hinterfüllung) darf **der auf die Erdwärmesondenrohre wirkende Aussendruck den Beuldruck des Erdwärmesondentyps nicht überschreiten**. Bei speziellen Erdwärmesondenkonstruktionen sind die Angaben des Herstellers zu beachten. Für den Betrieb dürfen die Differenzdrücke nur so hoch sein, dass eine **Nutzungsdauer von mindestens 50 Jahren erreicht wird**.
- Vor dem Einbau der Erdwärmesondenrohre ist das Rohrmaterial visuell auf Verletzungen der Wandung zu prüfen. **Bei PE-100-Material ist eine maximale Verletzungstiefe von 10% der Wanddicke zulässig**. Zusätzlich empfiehlt es sich, die Sonde vor dem Einbau abzupressen.

Neue Formulierung – weiterhin gültige alte Regeln

Einbau der Sonde:

Nenndruckstufe Sondenmaterial PE **ohne Gegendruck durch das Gebirge**
(rein informative Tabelle):

Tiefenbereich	Max. Überdruck am Sondenfuss ¹⁾	Nenndruckstufe EWS am Sondenfuss
0 – 170 m	20 bar	PN 16
171 – 200 m	24 bar	PN 20
201 – 260 m	30 bar	PN 25
261 – 360 m	41 bar	PN 32

¹⁾ inkl. 3 bar Betriebsdruck

Neue Tabelle (informativ)

Einbau der Sonde:

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)

Druck- stufe	Voll- wand- PE-Rohr PE 100	Differenzdruck 60 Stunden (Prüfung)			Differenzdruck 50 Jahre (Betrieb)	
		Aussen- druck > Innendruck 20°C (EWS-Fuss)	Innen- druck > Aussendruck 20°C (Standard)	Innen- druck > Aussendruck 27°C (Sommer)	Aussen- druck > Innendruck 20°C nach VKR RL 03 $E_{R,lang,S=2}$	Innen- druck > 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

Neu – Erweiterung der Tabelle

Einbau der Sonde:

angepasste Formulierung

- Ab einer Erdwärmesondenlänge von 50 m muss ein Haspel zum Einbau verwendet werden. **Für Erdwärmesonden, die in ein Bohrloch mit einer freien Teufe von über 150 m eingebaut werden soll, muss der Haspel mit einer Bremse oder Ähnlichem ausgerüstet sein, um einen kontrollierten Einbau zu gewährleisten.** Bei der Verwendung von Gewichtsstangen darf die Sonde mit der Seilwinde gebremst werden. Auf jeden Fall ist darauf zu achten, dass die Rohre nicht verletzt oder deformiert werden.
- Die Erdwärmesonden sind **vertikal ins Bohrloch einzuführen**. Dies kann durch eine **Umlenkrolle** mit genügend grossem Durchmesser am Bohrkopf oder durch einen geeignet neben dem Bohrturm platzierten Haspel erreicht werden.

Neu

Einbau der Sonde:

- Während oder nach Abschluss der Einbauarbeiten, aber vor dem Hinterfüllen, sind die **Erdwärmesonde mit Wasser zu füllen, zu verschliessen**, gut sichtbar zu markieren und gegen Beschädigungen zu sichern.

Um Schwierigkeiten beim Einbau aus dem Weg zu gehen, soll das Bohrloch grösstenteils mit Wasser gefüllt sein.

Weiterhin gültig

Hinterfüllung:

- **Der Zweck der Hinterfüllung ist in 4.3.1 beschrieben.**
Die **Hinterfüllung muss nach der Vollzugshilfe des BAFU** ausgeführt werden.
Neu sind die technischen Details auch in 5.3.2 **Neu**
- Bei Hinterfüllungen mit höherem spezifischem Gewicht als die Standardhinterfüllung (F.3 und F.4) ist speziell Ziffer 5.2.2 zu beachten.
Durch die schwere Hinterfüllung steigt der Aussendruck auf die Rohre an und sie können gequetscht werden.
- Während der Hinterfüllung müssen die Erdwärmesondenrohre bereits **vollständig mit Wasser gefüllt und oben druckdicht abgeschlossen sein**, damit die Rohre nicht zusammengedrückt werden. Bei sehr tiefen Erdwärmesonden muss die Hinterfüllung schrittweise erfolgen (siehe 5.3.5).

alte Regeln, angepasste Formulierung

Hinterfüllung:

F.4.3 Aussendruck auf die Erdwärmesonde während der Hinterfüllung

Tabelle 20 Auftretende Druckdifferenzen von aussen nach innen (Beuldruck) am Sondenfuss in Abhängigkeit von Hinterfüllung und EWS-Länge bei wassergefüllten Erdwärmesonden

EWS-Länge	Dichte der Hinterfüllung				
	1200 kg/m ³	1400 kg/m ³	1600 kg/m ³	1800 kg/m ³	2000 kg/m ³
40 m	0,8 bar	1,6 bar	2,4 bar	3,1 bar	3,9 bar
60 m	1,2 bar	2,4 bar	3,5 bar	4,7 bar	5,9 bar
80 m	1,6 bar	3,1 bar	4,7 bar	6,3 bar	7,8 bar
100 m	2,0 bar	3,9 bar	5,9 bar	7,8 bar	9,8 bar
120 m	2,4 bar	4,7 bar	7,1 bar	9,4 bar	11,8 bar
140 m	2,7 bar	5,5 bar	8,2 bar	11,0 bar	13,7 bar
160 m	3,1 bar	6,3 bar	9,4 bar	12,6 bar	15,7 bar
180 m	3,5 bar	7,1 bar	10,6 bar	14,1 bar	17,7 bar
200 m	3,9 bar	7,8 bar	11,8 bar	15,7 bar	19,6 bar
220 m	4,3 bar	8,6 bar	12,9 bar	17,3 bar	21,6 bar
240 m	4,7 bar	9,4 bar	14,1 bar	18,8 bar	23,5 bar
260 m	5,1 bar	10,2 bar	15,3 bar	20,4 bar	25,5 bar
280 m	5,5 bar	11,0 bar	16,5 bar	22,0 bar	27,5 bar
300 m	5,9 bar	11,8 bar	17,7 bar	23,5 bar	29,4 bar
320 m	6,3 bar	12,6 bar	18,8 bar	25,1 bar	31,4 bar
340 m	6,7 bar	13,3 bar	20,0 bar	26,7 bar	33,4 bar
360 m	7,1 bar	14,1 bar	21,2 bar	28,3 bar	35,3 bar
380 m	7,5 bar	14,9 bar	22,4 bar	29,8 bar	37,3 bar
400 m	7,8 bar	15,7 bar	23,5 bar	31,4 bar	39,2 bar

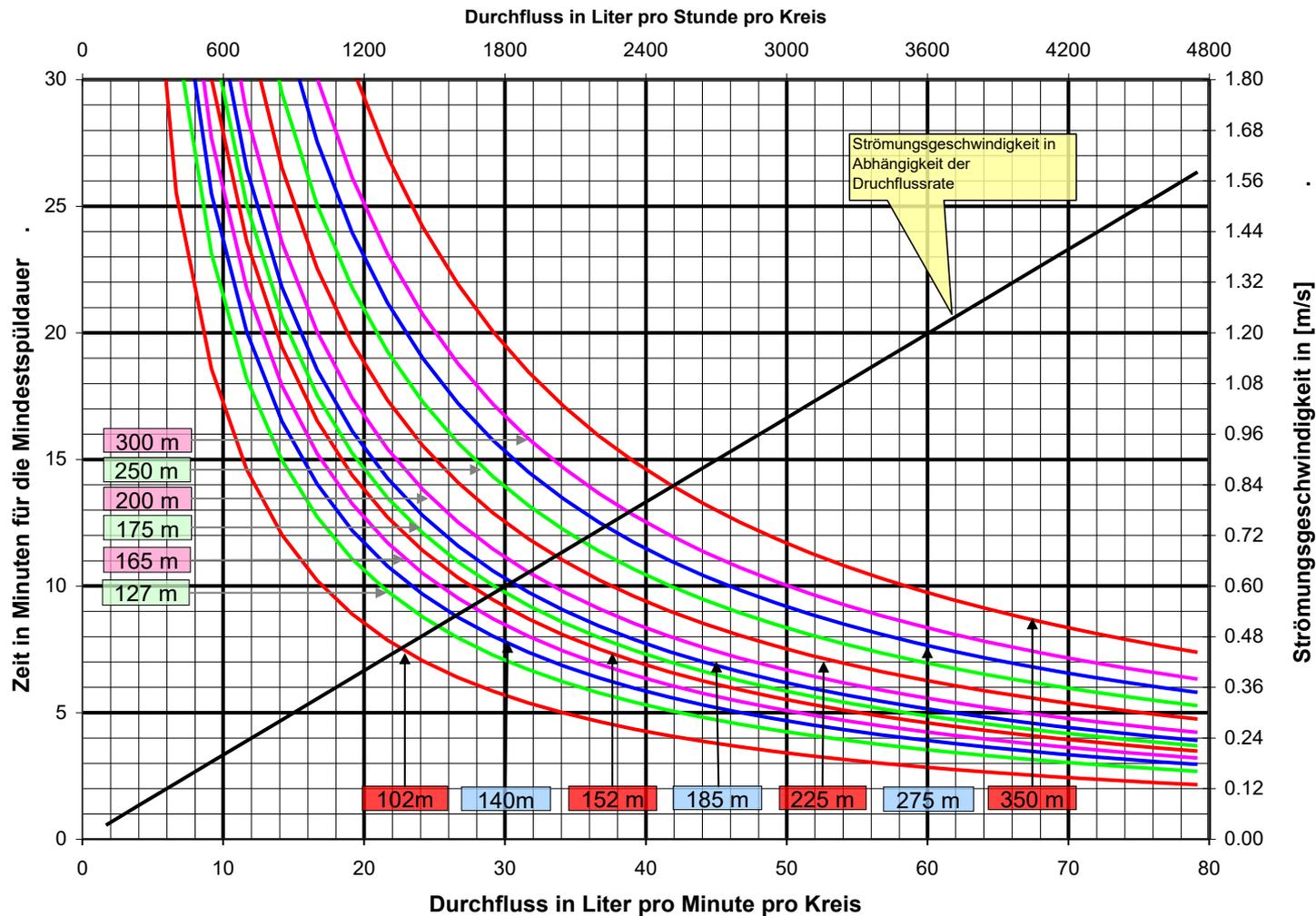
Weiterhin gültig

Spülen der Sonde:

- Muss lediglich mit einer leichten Verschmutzung gerechnet werden, gelten weiterhin die alten Regeln. Durchspülen gemäss alter Norm.
- Muss damit gerechnet werden, dass sich maximal grosse Steine in der Sonde befinden, müssen diese mit hoher Geschwindigkeit ausgespült werden
 - am besten mit einer separaten Spüleinheit
 - Bauwasseranschluss reicht in der Regel nicht
 - Wasser ab Gartenhahn liefert deutlich zu geringe Menge

Spülen der Sonde:

- Soll nur Schmutz ausgespült werden: z.B. Für 40er-Sonden



Spülen der Sonde:

Neue Berechnung

- Bei grober Verschmutzung durch Steine etc.: Die Erdwärmesonde wird Kreis für Kreis ab Bauwasseranschluss, Hydrant oder Spüleinheit mit Filter durchgespült. Wasser ab Gartenhahn reicht nicht mehr.
- Beispiele: berechnete Spüldauer um maximal grosse Steine auszuspülen

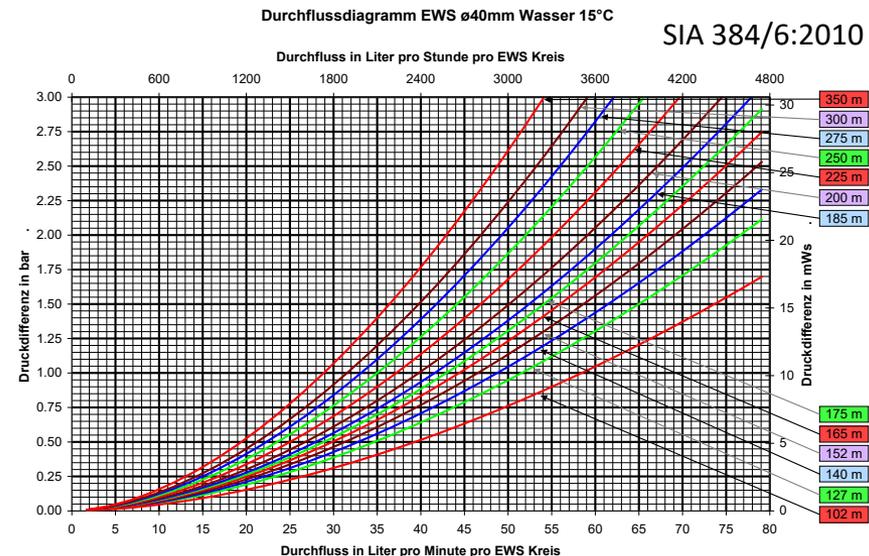
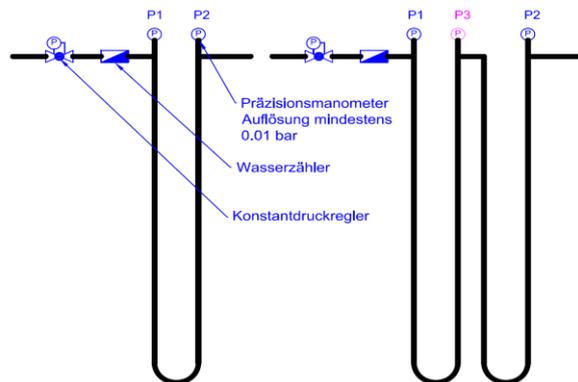
Typ	Tiefe	V	Dauer	Typ	Tiefe	V	Dauer
32er	80 m	2 m ³ /h	4 Min	40er	150 m	4 m ³ /h	6 Min
	100 m	2 m ³ /h	5 Min		200 m	4 m ³ /h	8 Min
	150 m	2 m ³ /h	8 Min		250 m	4 m ³ /h	10 Min
40er	150 m	3 m ³ /h	14 Min		300 m	4 m ³ /h	12 Min
	200 m	3 m ³ /h	19 Min	50er	350 m	6 m ³ /h	16 Min
	250 m	3 m ³ /h	23 Min		400 m	6 m ³ /h	18 Min
	300 m	3 m ³ /h	28 Min		450 m	6 m ³ /h	20 Min

Prüfung der EWS: 1. 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 Messung ist mit der Berechnung des Planers zu vergleichen
- Eine Abweichung von +/-15% gegenüber der Berechnung ist zulässig.

Neue Forderung

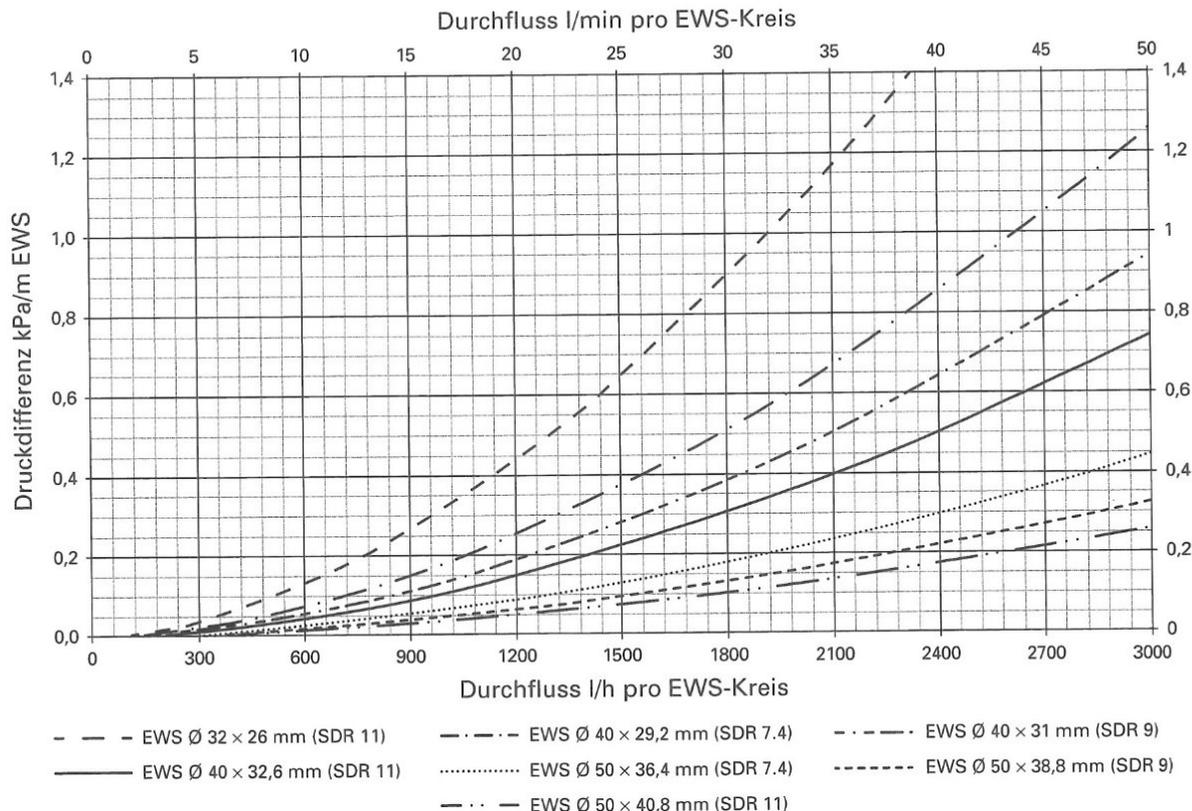
Minimalinstallation



Prüfung der EWS: 1. Durchflussprüfung

Darstellung der zulässigen Druckdifferenzen für versch. Sondentypen (SIA 384/6:2021):

Figur 4 Druckverlust pro Meter EWS-Kreis (1 m EWS-Kreis → 1 m Vorlauf und 1 m Rücklauf einer Simplex-Sonde) bei Wasser von 15°C (kinematische Viskosität 1,16 mm²/s) nach Colebrook-Nikuradse



**Neue Angaben für
weitere Druckstufen**

Prüfung der EWS: 1. Durchflussprüfung

Neu gemäss SIA 384/6:2021:

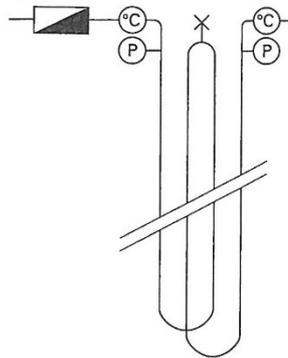
Die Durchflussprüfung muss mit einem **elektronisch registrierenden Messgerät** durchgeführt werden. Dabei sind gleichzeitig die Durchflussrate, der Ein- und Austrittsdruck sowie mindestens die Austrittstemperatur im Sekundentakt aufzuzeichnen. Die Auswertung erfolgt über einen während mindestens 30 Sekunden stabilen Messbereich.

Neu

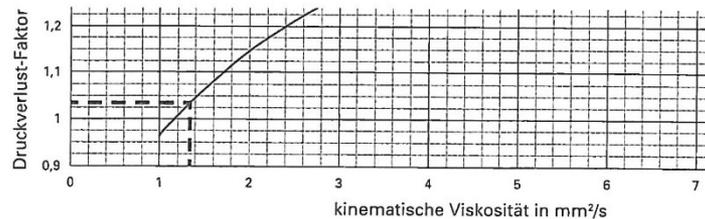
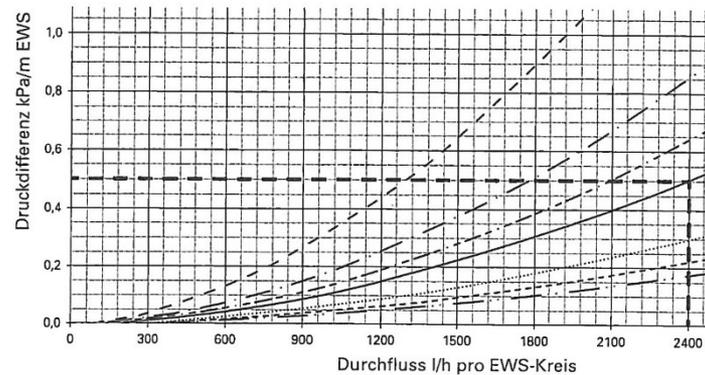
Prüfung der EWS: 1. Durchflussprüfung

Beispiel:

Beispiel: EWS-Länge 200 m, \varnothing 40 mm SDR 11, Füllung Wasser, gemessener Durchfluss 2400 l/h, beide Kreise in Serie zusammengeschlossen. Eintrittstemperatur 8°C, Austrittstemperatur 12°C, Eintrittsdruck 250 kPa, Austrittsdruck 30 kPa. Kontrolle der gemessenen Werte mit den Figuren 4 und 5.



EWS-Länge 200 m,
 \varnothing 40 mm SDR 11



Lösung: In Figur 4 den Druckverlust pro Meter EWS-Kreis ablesen \rightarrow 2400 l/h \rightarrow 0,5 kPa/m. Mit der EWS-Länge und der Anzahl gemessener Kreise (U-Rohre) multiplizieren: $0,5 \text{ kPa/m} \cdot 200 \text{ m} \cdot 2 = 200 \text{ kPa}$.

Mittlere Temperatur zwischen Vor- und Rücklauf bestimmen: $(8 + 12)/2 = 10^\circ\text{C}$. Kinematische Viskosität nach Tabelle 7 für 10°C Wasser: $1,32 \text{ mm}^2/\text{s}$, Korrekturfaktor der Viskosität aus Figur 5 bestimmen: 1,034. Mit dem Druckverlust bei 15°C Wasser multiplizieren: $200 \cdot 1,034 = 207 \text{ kPa}$.

Vergleich mit der Messung: Differenzdruck: $250 \text{ kPa} - 30 \text{ kPa} = 220 \text{ kPa}$. Abweichung der gemessenen von der gerechneten Druckdifferenz: $220 \text{ kPa} - 207 \text{ kPa} = 13 \text{ kPa}$. In %: $13/207 = 6,3\%$. Die Abweichung liegt innerhalb der Toleranz.

Neu –
nicht mehr trivial

Prüfung der EWS: 2. Dichtheitsprüfung (Druckprüfung):

Voraussetzungen für die Dichtheitsprüfung der EWS:

- Vollständige Füllung der Sonde mit Wasser (luftfrei)
- Lückenlose Hinterfüllung mit plastischer und fließfähiger Suspension – noch nicht abgebunden für die Dichtheitsprüfung
- Prüfdruck nach Vorgabe
- Berücksichtigung der maximal zulässigen Druckdifferenzen des eingesetzten Sondenmaterials. Insbesondere bei Sonden mit variabler Wanddicke.
- Anpassung der Prüfung in permeablen Bereichen und allenfalls bei besonderen Sondentypen
- Falls Vorgaben nicht 100% erfüllt: Langzeitprüfung über mindestens 100 h Dauer gemäss Vorgabe

Alte Regeln – neue detaillierte Formulierung

Prüfung der EWS: 2. Dichtheitsprüfung (Druckprüfung):

Prüfdrucke:

Tabelle 8

Druck- stufe
PN 16
PN 20
PN 25
PN 32
PN 40

Länge EWS	Dichte der Hinterfüllung					
	1200 kg/m ³	1400 kg/m ³	1500 kg/m ³	1600 kg/m ³	1800 kg/m ³	2000 kg/m ³
40 m	8 bar	8 bar	8 bar	8 bar	8 bar	9 bar
60 m	8 bar	8 bar	8 bar	8 bar	10 bar	13 bar
80 m	8 bar	8 bar	9 bar	10 bar	14 bar	17 bar
100 m	8 bar	9 bar	11 bar	13 bar	17 bar	21 bar
120 m	8 bar	10 bar	13 bar	15 bar	20 bar	25 bar
140 m	8 bar	12 bar	15 bar	17 bar	23 bar	28 bar
160 m	8 bar	14 bar	17 bar	20 bar	26 bar	32 bar
180 m	8 bar	15 bar	19 bar	22 bar	29 bar	36 bar
200 m	9 bar	17 bar	21 bar	25 bar	32 bar	40 bar
220 m	10 bar	18 bar	23 bar	27 bar	36 bar	44 bar
240 m	10 bar	20 bar	25 bar	29 bar	39 bar	48 bar
260 m	11 bar	21 bar	27 bar	32 bar	42 bar	52 bar
280 m	12 bar	23 bar	28 bar	34 bar	45 bar	56 bar
300 m	13 bar	25 bar	30 bar	36 bar	48 bar	1)
320 m	14 bar	26 bar	32 bar	39 bar	51 bar	1)
340 m	14 bar	28 bar	34 bar	41 bar	54 bar	1)
360 m	15 bar	29 bar	36 bar	43 bar	1)	1)
380 m	16 bar	31 bar	38 bar	46 bar	1)	1)
400 m	17 bar	32 bar	40 bar	48 bar	1)	1)

1) Bereich ausserhalb der Einsatzgrenze der Druckstufen nach Tabelle 8

Wird für die Prüfung bei schwerer Hinterfüllung ein geringerer Prüfdruck als nach Tabelle 9 gewählt, ist ein Überdruck über die ganze EWS-Länge für die ganze Testphase nicht gewährleistet.

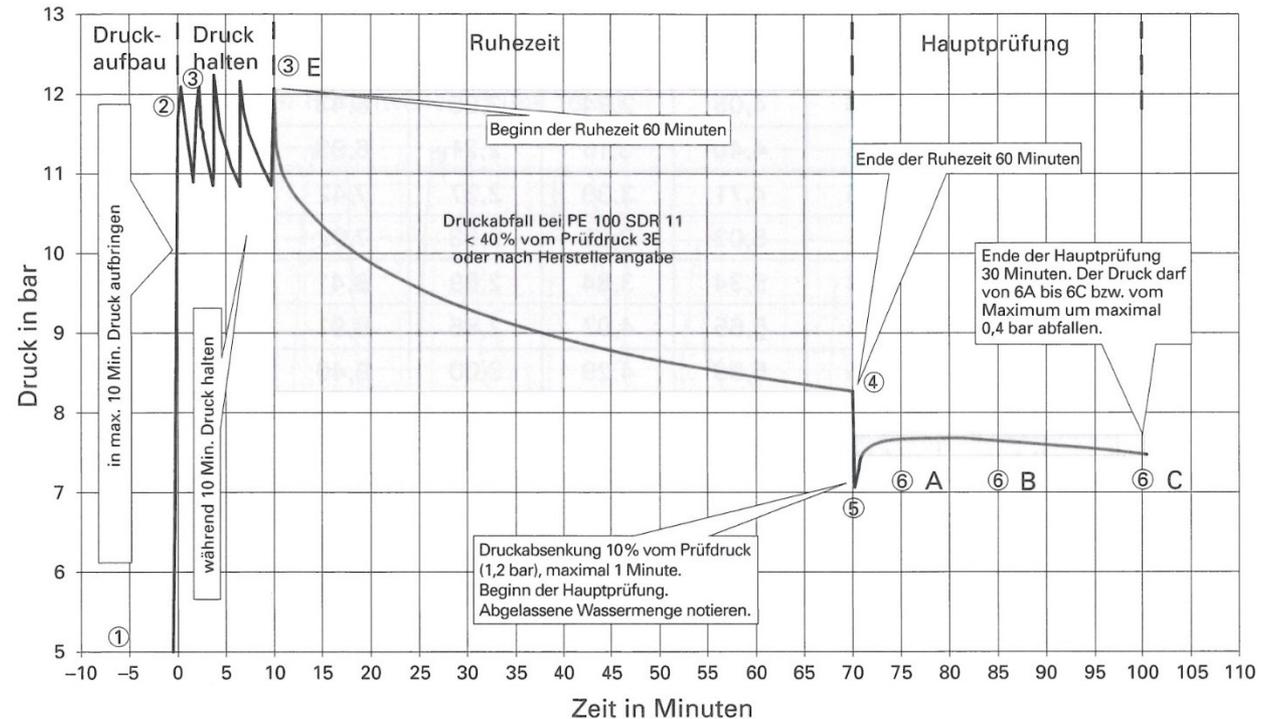
Neue Werte

Prüfung der EWS: 2. Dichtheitsprüfung (Druckprüfung):

Ablauf der Druckprüfung:

Prinzip gilt weiterhin

Figur 6 Dichtheitsprüfung von Erdwärmesonden in Anlehnung an SN EN 805, Beispiel einer Messung: Prüfdruck 12 bar, Druckabfall während der Ruhephase 31 %; Druckabfall bei der Hauptprüfung: Maximalwert zu Druck bei 100 Minuten: 0,22 bar



Wird die Hauptprüfung nicht erfüllt, muss die Prüfung zeitnah wiederholt werden. Dabei ist der Prüfdruck nach B.2.1.2 so zu wählen, dass nach der Druckentlastung noch ein Überdruck am Erdwärmesondenfuß (Figur 6, ⑤) von mindestens 0,5 bar vorhanden ist. Empfehlung: vor Wiederholung Anschlussgarnituren überprüfen.

Prüfung der EWS: 2. Dichtheitsprüfung (Druckprüfung):

Tabelle 10 Zulässige abgelassene Wassermenge pro Meter Erdwärmesonde (Duplex) aus PE 100 nach SN EN 805, die für die Druckabsenkung nicht überschritten werden darf

Ø aussen	32 mm	40 mm	40 mm	40 mm	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm
Ø innen	26 mm	32,6 mm	31 mm	29,2 mm	40,8 mm	38,8 mm	36,4 mm	32 mm
Wanddicke	3 mm	3,7 mm	4,5 mm	5,5 mm	4,6 mm	5,6 mm	6,9 mm	7,2 mm
Nenndruck	PN 16	PN 16	PN 20	PN 25	PN 16	PN 20	PN 25	PN 32
rasche Druckabsenkung in bar	maximal zulässige abgelassene Wassermenge in Milliliter pro Meter Erdwärmesonde							
1,0	1,97	3,14	2,26	1,58	4,95	3,56	2,44	1,82
1,1	2,16	3,45	2,48	1,74	5,44	3,91	2,69	2,00
1,2	2,36	3,77	2,71	1,90	5,94	4,27	2,93	2,18
1,3	2,56	4,08	2,94	2,05	6,43	4,62	3,17	2,36
1,4	2,75	4,40	3,16	2,21	6,93	4,98	3,42	2,54
1,5	2,95	4,71	3,39	2,37	7,42	5,34	3,66	2,73
1,6	3,15	5,02	3,61	2,53	7,92	5,69	3,91	2,91
1,7	3,34	5,34	3,84	2,69	8,41	6,05	4,15	3,09
1,8	3,54	5,65	4,07	2,85	8,91	6,40	4,40	3,27
1,9	3,74	5,96	4,29	3,00	9,40	6,76	4,64	3,45

ergänzte Tabelle

Prüfung der EWS: 2. Dichtheitsprüfung (Druckprüfung):

- Die Druckprüfung kann manuell oder mit einem Automaten durchgeführt werden.
- **Pflicht ist jedoch die elektronische Registrierung der Prüf-/Messdaten**
- Die Resultate sind in ein Protokoll einzutragen

Neu



Prüfung der EWS: 2. Dichtheitsprüfung (Druckprüfung):

- Es wurden mittlerweile neue automatische Messgeräte entwickelt, die neben der Durchfluss- und Dichtheitsprüfung auch den Hinterfüllungsvorgang (Masse bzw. Volumen, Druck, Menge etc.) messtechnisch erfassen und registrieren.

Neu



Langzeitprüfung (neue Vorgabe SIA 384/6:2021) *informativ*:

- Ist keine Dichtheitsprüfung der Einzelsonden gemäss vorherigen Regeln möglich, so kann eine Lanzeitprüfung über mindestens 100 h durchgeführt werden.
- Grundlagen: PE hat viskoelastische Eigenschaften (Kriechmodul E_c). E_c ist abhängig von der Zeit, der Temperatur und der Spannung. Wird eine EWS aus PE unter Druck gesetzt, baut sich der der Druck mit derr Zeit ab. Dieser Druckabbau (Relaxation) kann berechnet werden. Durch den Vergleich von Messung und Berechnung kann bestimmt werden, ob die Sonde dicht ist.

Alte Regeln – neue detaillierte Formulierung

Formular A2: Prüfprotokoll für EWS (normativ)

Bohrfirma:		Prüfprotokoll für Erdwärmesonden (SIA 384/6:2021, Ziffer 6.1)								
Objekt:		Auftrags-Nr.:								
Erdwärmesonden	Nr.									
Hersteller / Typ		/			/			/		
Fabrik-Identifikationsnummer	ID:									
Rollenpaar-Nummer (z. B. 0040)	Nr.									
Lieferlänge / Einbaulänge	m	/			/			/		
Durchmesser aussen / Wanddicke	mm	/			/			/		
Hinterfüllung	Datum									
<small>Standard: 100 kg Bentonit, 200 kg Zement, 900 l Wasser (gemäss 5.3)</small>		Bentonit	Zement	Wasser	Bentonit	Zement	Wasser	Bentonit	Zement	Wasser
– Menge in kg Bentonit, Zement, Wasser	kg									
– Fertigmischung: Fabrikat, WF (Liter Wasser/100 kg)										
Bemerkung zu Hinterfüllung / Wärmeleitfähigkeit	W/(m·k)									
Berechnetes / eingefülltes Hinterfüllungsvolumen	Liter	/			/			/		
elektronische Protokollierung (ja/nein, Datum)		/			/			/		
Spez. Gewicht Suspension: Soll / Messung	kg / Liter	/			/			/		
Bis UKT verfüllt ja, bei nein bis Meter UKT		ja / nein	Meter UK Terrain	ja / nein	Meter UK Terrain	ja / nein	Meter UK Terrain	ja / nein	Meter UK Terrain	ja / nein
Durchflussprüfung	Prüfdatum									
		Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	
Wasser-Durchflussmenge	Liter / min									
Messung Differenzdruck	bar									
Berechneter Differenzdruck	bar									
Bedingung erfüllt (+/-15%):	ja / nein									
Dichtheitsprüfung	Prüfdatum									
Dichtheitsprüfung nach B.2 durchführbar	ja / nein									
Ablesegenauigkeit 0,01 bar		Messwert		Messwert		Messwert				
		Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	Kr 1 (& Kr 2)	Kr 2	
Ablauf in Minuten	Prüfdruckverfahren für: (abhängig von EWS-Länge und Dichte, B.2 Tabelle 9)									
	Sonde mit Wasser verfüllen	bar								
	Prüfdruck aufbringen	bar								
10	Druck Ende Druckhaltung	bar								
70	Ende stat. Druckabfall (zul. Druckabfall gemäss Hersteller)	bar								
	Druck nach Druckabsenkung (Absenkung 10% vom Prüfdruck, min. 1 bar)	bar								
	Menge abgelassenes Wasser (B.2 Tabelle 10)	Liter								
75	Druckablesung	bar								
85	Druckablesung	bar								
100	Druck Ende Hauptprüfung	bar								
Bedingung erfüllt:	ja / nein									
Beilagen:										
Ort und Datum:		Geräteführer:								

angepasstes Formular
(normativ)

Formular A.3.1: Anschluss der EWS, Druckprüfung (normativ)

Protokoll A.3.1: Anschluss der Erdwärmesonden, Druckprüfung					
Firma					
Objekt					
Auftrags-Nr.					
Monteur					
Anschluss und Prüfungen					
EWS	Nr.				
Tiefe	m				
Dimension, Bezeichnung (z. B. Ø 40 mm Duplex PN 16)	–				
Zuleitung (Weg)	m				
Dimension, Bezeichnung (z. B. Ø 50 mm SDR 11)					
Anschluss mit Y-Formstück	ja /nein				
Bei Anschluss mit Y-Formstück, Check ob korrekt	ja /nein				
Etappierung des Anschlusses	ja /nein				
Bei Etappierung pro Etappierung ein Protokollblatt oder je eine Spalte ausfüllen	Nummer				
E-Muffen-Schweissung protokolliert (separate Protokolle)	ja /nein				
E-Muffen kontrolliert (VKR)	ja /nein				
Druckprüfung Pressluft / Lecksuchspray	i.o.				
Anschluss-Check	ja /nein				
Druckaufbau (VL&RL gleichzeitig)	bar				
Datum / Zeit	dd.mm.jj hh:mm				
Visum	–				
Zwischendruckkontrolle (optional)	bar				
Datum / Zeit	dd.mm.jj hh:mm				
Visum	–				
Endruckkontrolle / Ende der Etappe	bar				
Datum / Zeit	dd.mm.jj hh:mm				
Visum	–				

**neues Formular
(normativ)**

Pro Etappe ist ein Formular oder eine Spalte von A.3.1 auszufüllen. Jede Etappe ist zu prüfen.

Formular A.3.2: Durchfluss- & Druckprüfung, Füllung (normativ)

Protokoll A.3.2: Durchfluss- und Differenzdruckprüfung, Füllung					
Firma					
Objekt					
Auftrags-Nr.					
Monteur					
Durchfluss- und Differenzdruckprüfung					
Anlage gespült und entlüftet	ja /nein				
Medium					
Konzentration zu Wasser	%				
Drucksensoren separater Anschluss auf Verteiler	ja /nein				
Höhendifferenz Austritt – Eintritt	m				
Durchfluss	l/h				
Eintritt (Auflösung $\leq 0,01$ bar)	bar				
Austritt (Auflösung $\leq 0,01$ bar)	bar				
Eintrittstemperatur	°C				
Austrittstemperatur	°C				
Druckdifferenz gemessen (Höhendifferenz bereinigt)	bar				
berechneter Durchfluss mit gemessenem Differenzdruck	l/h				
Abweichung (max. $\pm 15\%$)	%				
Füllprotokoll pro EWS & Zuleitung					
Inhalt EWS & Zuleitung berechnet	Liter				
Produkt					
Medium					
Konzentration zu Wasser	%				
Fertigmischung	ja /nein				
Mischstation	ja /nein				
Wasser (gemessene Menge bei Mischstation)	Liter				
Frostschutz (gemessene Menge bei Mischstation)	Liter				
Füllvolumen (total gemessene Menge pro Anschluss)	Liter				
Abweichung zu berechneter Menge	%				
gemessene Konzentration	% / °C				
Datum / Zeit	dd.mm.jj hh:mm				
Visum	-				
Befüllung der Anlage		Bemerkungen			
<input type="checkbox"/> EWS					
<input type="checkbox"/> Zuleitung und Verteiler					
<input type="checkbox"/> bis Technikraum					
<input type="checkbox"/> Technikraum					
Gesamte Füllmenge	Liter				
Expansionsgefäß Grösse	Liter				
Vordruck	bar				
Fülldruck der Anlage	bar				
Datum / Zeit	dd.mm.jj hh:mm				
Visum	-				

neues Formular
(normativ)

Neuerungen in SIA 384/6:2021 für Bohrer auf einen Blick:

- Vertikaler Einbau der Sonden
- Neue max. Differenzdrücke für versch. Sondentypen
- Rückstellprobe der Hinterfüllung bei Sonden > 250 m
- Bohrprotokoll für jede Sonde ausfüllen. Neues Formular
- Neue Prüf- und Abnahmeprotokolle (separat)
- Erweiterte Angaben zur Hinterfüllung: Vergleich Soll-/Ist-Menge; Soll-/Ist-Dichte; Wärmeleitfähigkeit
- Durchflussprüfung muss elektronisch gemessen und aufgezeichnet sowie mit den Berechnungen des Planers verglichen werden.
- Dichtheitsprüfung muss elektronisch gemessen und aufgezeichnet werden
- Neu: Prüfdrücke PN20 – PN40
- Ist Dichtheitsprüfung nicht möglich (Randbedingungen), so muss eine Langzeitprüfung gemacht werden (>100 h Dauer bzw. nach Angabe Hersteller)
- Neue Regeln für Prüfung der Zuleitung(en)

Neuerungen in SIA 384/6:2021 für Planer (Auswahl):

- Werkleitungen abklären (Pflicht)
 - Nachbarsonden bis 50 m Distanz müssen bei der Dimensionierung berücksichtigt werden
 - Auslegung ist zu dokumentieren gemäss Vorgabe
 - Prognose der Felstiefe, Art des Lockergesteines, Grundwassersituation
→ Vorgaben an Bohrtechnik
 - Bei grösseren Anlagen (>300 m Tiefe oder >6 EWS) ist ein QS-Plan notwendig
 - Druckverlustberechnungen durchführen und der Bohrfirma mitteilen
(Basis für Durchflussprüfung)
- Angepasster FWS-Kurs «Planen und Dimensionieren von Erdwärmesonden»