

# METHODEN ZUR MESSUNG DER HINTERFÜLLUNGSQUALITÄT MIT FOKUS AUF DIE THERMISCHE ANBINDUNG AN DEN UNTERGRUND

	THERMISCHE METHODEN						RADIOAKTIVE METHODEN						MECHANISCHE METHODEN						MAGNETISCHE METHODEN								
Beschreibung	Kurz TRT		Ruhe-p-T-log		Messen Abbindewärme		γ-γ-Methode			γ-log			Hinterfüllmessgerät		Hinterfüllmessgerät		Hinterfüllmessgerät		Magnetik-Log			Magnetik-Log					
Typ	Kurz Thermal Response Test		Ruhe Druck- und Temperatur Aufzeichnung		Vergleichendes Temperaturprofil		Gamma-Gamma-Dichte-Anomalie Messung			Gamma-Ray-Log (GR)			Digital Borehole Observation 3		Hinterfüllmessgerät HMG		HDG Erdwärmesonden Datenlogger		Suszeptibilitäts-Messsystem			Suszeptibilitäts-Messsystem					
Fabrikat			Nimo-T		DeepDrifter								DBO 3		HMG-K, HMG-S		EWS-Datenlogger		CemTrakker								
Lieferant	André Voutta Grundwasserhydraulik (D)		Geowatt AG		Eberhard & Partner AG		André Voutta Grundwasserhydraulik (D)			Bohrlochmessung-Storkow GmbH			Dietrich Erdwärme GmbH oder Sotronix e.K.		Geowatt AG		HDG Umwelttechnik GmbH		Sanherr-Geothermie-technik			Bohrlochmessung-Storkow GmbH					
Funktionsprinzip	Aufheizen der Hinterfüllung, Messen des Temperatur-Profils während Aufheiz- und Abkühlphasen.		Messung und Auswertung von Druck- und Temperaturprofil in der Erdwärmesonde im Ruhezustand.		Die Messsonde registriert den Temperaturverlauf, den Temperaturverlauf der Abkühlung der Abbindewärme und den räumlichen Verlauf einer Erdwärmesonde.		Über die Rückstreuung der von einer Quelle ausgesandten Gamma-Photonen werden Dichte-Anomalien im Baustoff des Ringraumes aufgespürt.			Messung der natürlichen Strahlung dreidimensional mittels Standard-Bohrlochmesssonde.			Digitale Überwachung des Verpressvorgangs mit Anzeige der Verpressmenge, Sondentiefe und Drucksäule.		Das HMG-S misst kontinuierlich den Durchfluss und den Injektionsdruck der Suspension. Das HMG-K misst zusätzlich die Dichte der Suspension.		Kontinuierliche Messung der Suspensionsmenge und des Durchflusses während des Verpressvorgangs.		Verpressüberwachung mit Messung der Durchflussrate, Gesamtvolumen und Tiefenangabe. Auch Nachmessung möglich.			Messung als Anstiegsmessung beim Verpressvorgang aber auch als Nachmessung möglich.					
Einsatzbereich																											
Geologische Verhältnisse	Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen			Keine anstehenden stark Gamma-aktiven Gesteine			Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen			Keine anstehenden ferromagnetischen Gesteine					
Länge Erdsonden	Keine Einschränkungen		Bis 500 m (40 bar Gerät), bis 1000 m (80 bar Gerät)		Bis 250 m in PE 32, bis 485 m in PE 40		Abhängig von der Befahrbarkeit der Erdwärmesonde			Unbegrenzt. Bei Durchmesser unter 35 mm bis maximal 200 m			Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen		Bis 250 m, auf Wunsch bis 400 m möglich			ca. 300 m, grössere Teufen problemlos möglich					
Ø Erdsonden Rohre	Keine Einschränkungen		Bei Duplex EWS: min. 40 mm		–		> 20 mm			> 24 mm			Alle		Alle		Alle		> 25 mm			> 16 mm					
Spezifische Voraussetzungen	Erdwärmesonde muss am Sondenkopf vertikal zugänglich sein. Starkstromanschluss nötig (auch gasbetriebene Variante erhältlich).		Temperaturlogging Gerät muss vorhanden sein. Software «Nimo-T» erstellt .csv-Datei.		Horizontale, ebene Oberfläche für Aufstellung und Verankerung Messgerät. freier Zugang. Es muss direkt nach der Hinterfüllung durchgeführt sein.		Beachtung der nationalen Strahlenschutz-Regelung.			Gammaaktiv markierte Tone oder Ton-Zement-Suspensionen (z.B. durch Zusatz von Zirkonsand).			Angepasstes Bohrgerät. Drucksensor ist in einer Verpresslanze untergebracht.		Keine		Keine		Magnetische Dotierung im Hinterfüllungsmaterial nötig.			Magnetisch markierte Tone oder Ton-Zement-Suspension erforderlich.					
Durchführung																											
Zeitpunkt 1)	V	W	N	V	W	N	V	W	N	V	W	N	V	W	N	V	W	N	V	W	N	V	W	N	V	W	N
Messdauer	6–7 h		1–2 h		1 h für 100 m EWS		1.5 h für 100 m EWS			ca. 45 Min.			Dauer Verpressvorgang		Dauer Verpressvorgang		Dauer Verpressvorgang		Dauer Verpressvorgang			Dauer Verpressvorgang					
Aufwand																											
Kosten (indikativ)	ca. €2000–4000je Erdwärmesonde		ca. CHF 1000–2000		CHF 2070		ca. €6/m exkl. Aufwendung für Interpretation und Anfahrt			ca. € 1000 exkl. Anfahrt			ca. € 18'000 (Kaufpreis Gerät)		ca. CHF 200.– pro Sonde exkl. Initialpauschale		ca. € 18'500 (Kaufpreis Gerät)		CemTrakker ca. € 18'500, MID Messgerät ca. €2700 (Kaufpreis Geräte)			ca. €500 exkl. Anfahrt					
Personal	1 qualifizierter Mitarbeiter		1 Spezialist		1 Fachperson		1 Messtechniker mit Strahlenschutz-Ausbildung			1 sachkundige Person für Messung. Auswertung durch Geophysiker			Kein nennenswerter Personalaufwand		1 Bohrgehilfe auf Baustelle für die Installation und jeweilige Reinigung		1 Geräteführer für Installation und für die Interpretation		1 Bohrgeräteführer, 1 Sachverständiger für die Interpretation			1 sachkundige Person für Messung. Auswertung durch Geophysiker					
Resultate																											
Messgrössen	Temperaturprofile		Zeit, Druck- und Temperaturprofile		Temperatur, Kabellänge		Streuungsgrad radioaktive Strahlung			Natürliche Gammastrahlung (API)			Durchfluss, Druck		Suspensionsfluss, Injektionsdruck, Suspensionsdichte, Zeit/Datum, kontinuierlich		Druck, Durchfluss, Gesamtmenge der Suspension		Tiefenangabe, Durchflussrate, Gesamtvolumen Hinterfüllung			Magnetisierbarkeit (SI)					
Messgenauigkeit	0.01 °K; Auflösung 1 cm		–		–		–			–			–		ca. 5% genau		–		–			–					
Kalibrierung	Sehr genaue Kalibrierung nötig (absolut 0.1 °K)		Schwankung T im Mittel 0.2%, Schwankung p im Mittel 1.04%		Temperatur in regelmässigen Abständen		–			Kalibrierung in Gamma-Standards auf API			0–26 bar < ± 0.5%		–		1 x jährliche Überprüfung durch den Hersteller mit Werkszertifikat		Tiefenangabe 1–2 m			werkseitig					
Anderes	Erfahrung in der Interpretation erforderlich		–		–		Kombiniert mit Kurz TRT erhöht die Aussagekraft der Interpretation			–			–		–		Erfüllt Anforderung DVGW/SVGW/ÖVGW und SIA CE-Konform		Spezielles Hinterfüllungsmaterial erforderlich			–					
Interpretation Messresultate																											
(Basierend auf Interviewergebnissen)	«Vorhandensein einer Hinterfüllung. Basis für Dimensionierung von Erdwärmesonden Felder».		«Vorhandensein einer Hinterfüllung. Basis für Dimensionierung von Erdwärmesonden Felder».		«Vorhandensein einer Hinterfüllung. Basis für Dimensionierung von Erdwärmesonden Felder».		Verfülllücken erkennen. Keine Aussagen zur thermischen Anbindung.			Verfülllücken erkennen. Keine Aussagen zur thermischen Anbindung.			Verpressprobleme erkennen.		Verpressprobleme erkennen.		Verpressprobleme erkennen.		Verfülllücken, Verpressprobleme erkennen. Keine Aussagen zur thermischen Anbindung.			Verfülllücken erkennen. Keine Aussagen zur thermischen Anbindung.					

Legende

1) V: Vor Verpressung Hinterfüllung

W: Während Verpressung Hinterfüllung

N: Nach Verpressung Hinterfüllung