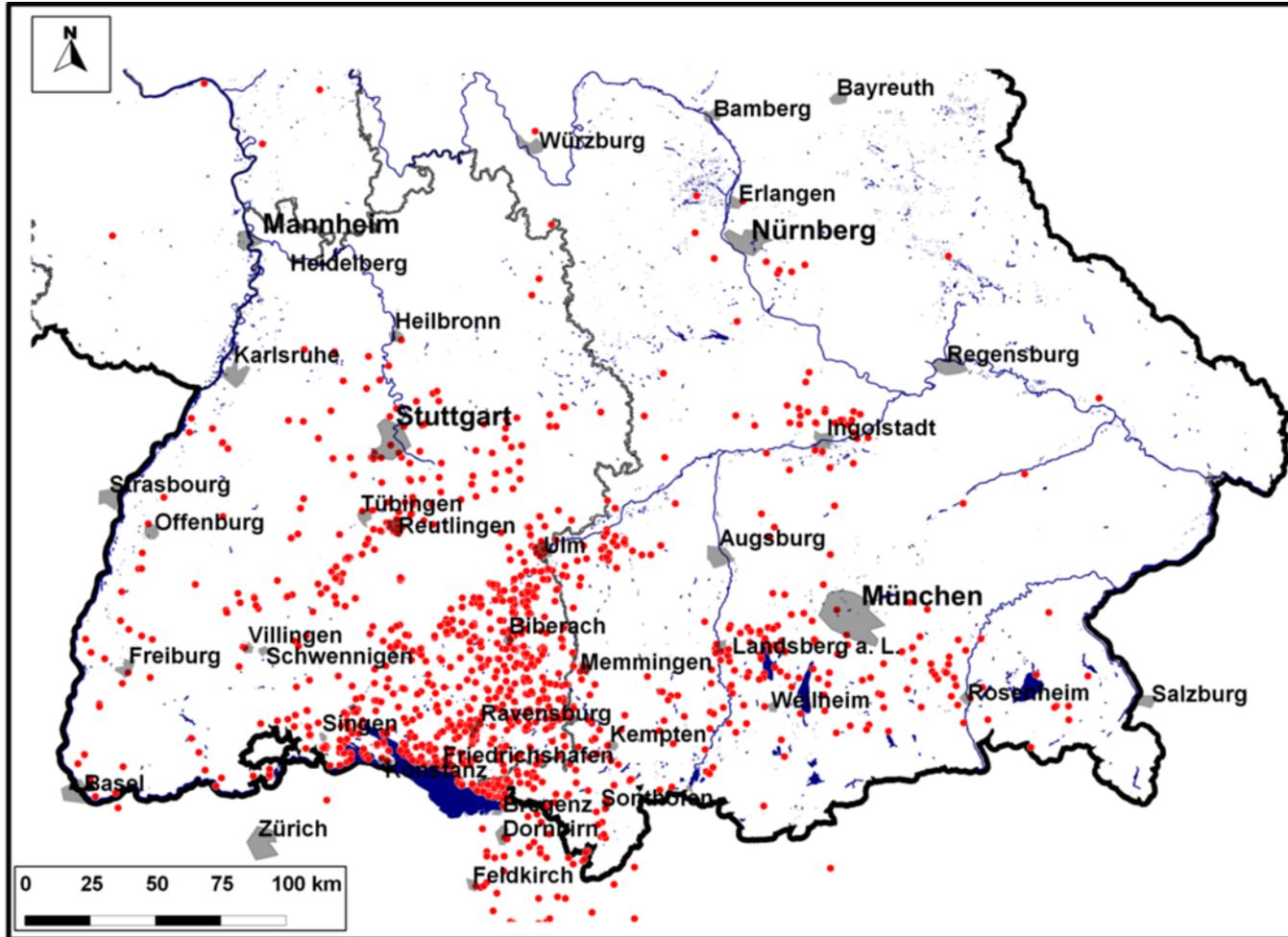


# **Erfahrungen und Anmerkungen zur Praxis der automatischen Abdichtungsüberwachung in Baden-Württemberg**

***Dr. Rainer Klein***

*boden & grundwasser GmbH Dr. Rainer Klein, Amtzell*

*Bundesverband Wärmepumpe, Praxisforum Erdwärme  
am 24. Februar 2016, Offenburg*



Geothermie-Standorte boden & grundwasser (Stand 2012)

Bohranzeigen / WR-  
Anträge / Abschlussdoku

Sachverständige  
LQS-EWS

Privater Sachverständiger

Thermal-Response-Tests

Temperaturlogs

EED-Dimensionierung

Temperaturfeld-  
berechnungen

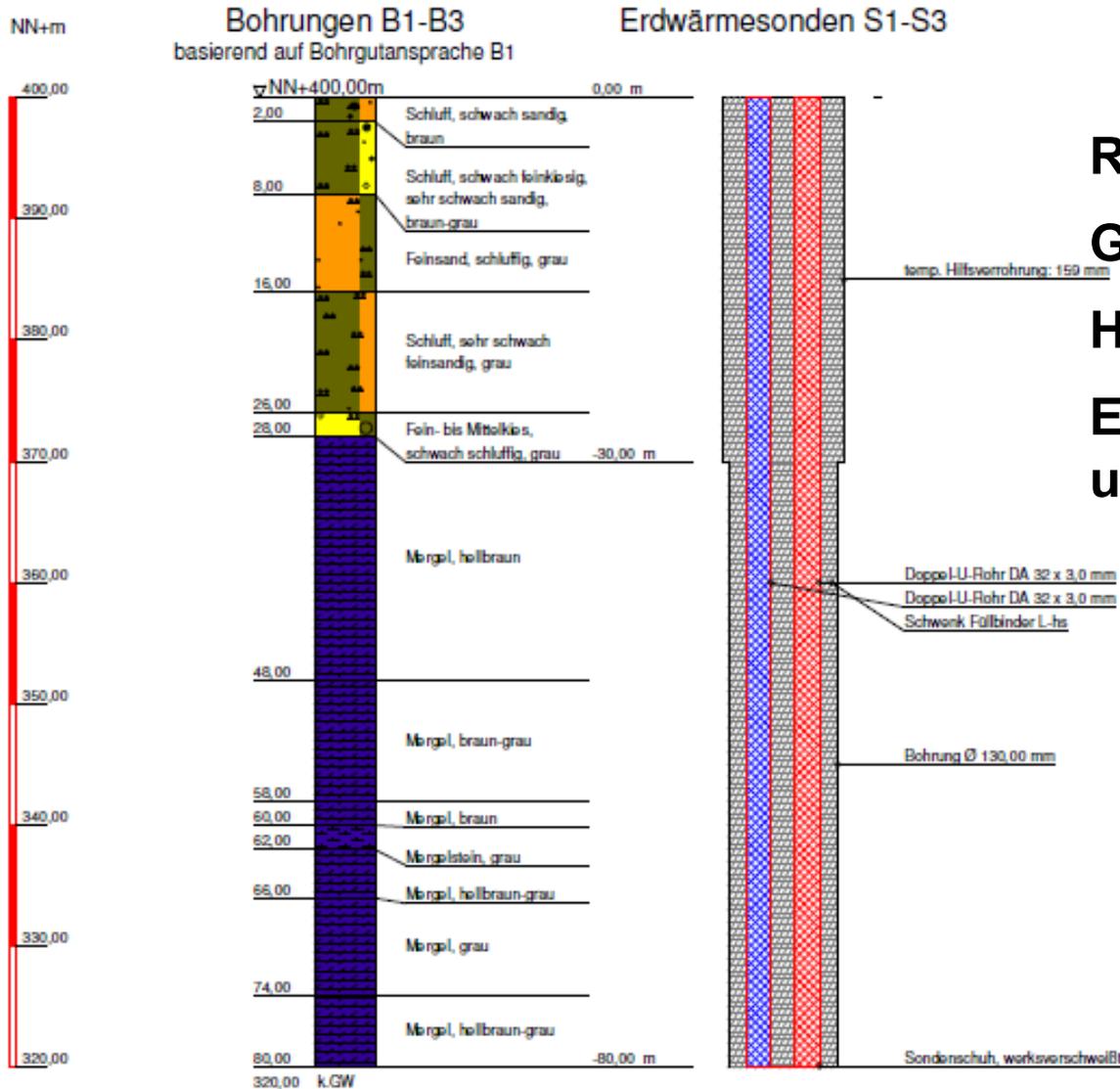
Messsystem zur  
Abdichtungskontrolle

- wenige Projekte mit Messsystem DBO 3 (Digital Borehole Observation)
- einige Projekte mit Messsystem Michalik
- viele Projekte Messsystem CemTrakker in Verbindung mit magnetisch dotierter Baustoffsuspension

## ***Automatische Überwachung des Abdichtvorgangs in Baden-Württemberg wird seit Mai 2015 umgesetzt***

- ***Durchführung und Dokumentation von Messungen  
zum Anstieg des Suspensionsspiegels im Bohrloch  
(ohne Sachverständigen)***
- ***Interpretation der Messprotokolle durch Bohrfirma***
- ***Plausibilisierung durch Sachverständigen***

- faktisch keine Interpretation durch die Bohrfirmen
- i.d.R. keine Hinweise auf Abweichungen vom Normalfall
- Messungen nach Ziehen der Hilfsverrohrung werden nur selten durchgeführt
- praktisch kein Einsatz der Geräte außerhalb von B.W.
- etwa  $\frac{1}{4}$  der Bohrungen (Schätzwert) sind ohne Einschränkungen „schnell u. einfach“ zu plausibilisieren
- etwa  $\frac{3}{4}$  der Bohrungen (Schätzwert) zeigen in Teilen nicht nachvollziehbare Messungen bzw. sind unplausibel



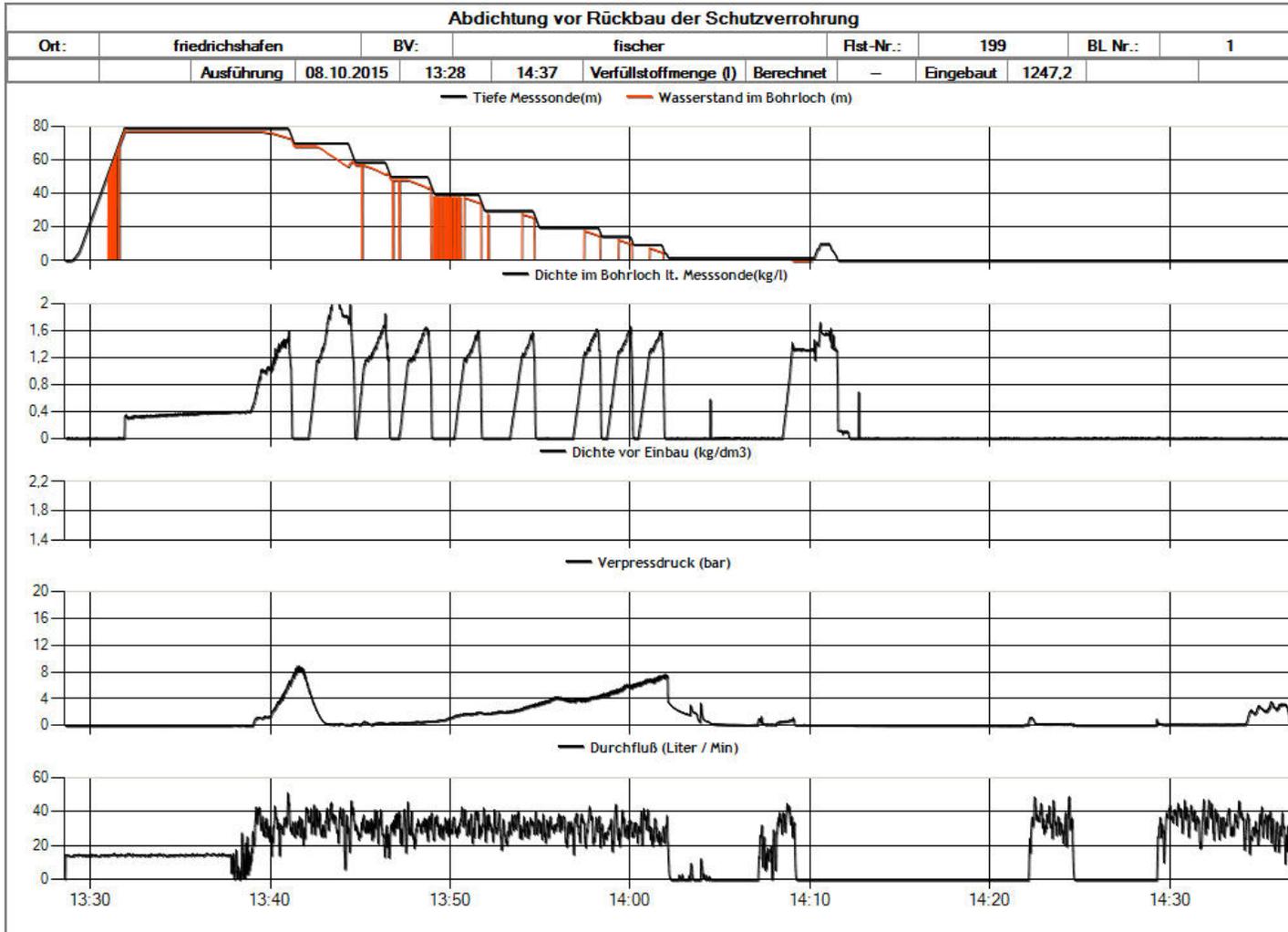
**Region: Bodensee**

**Geologie: Quartär/Molasse (tOS)**

**Hydrogeologie: kein GW**

**Einschätzung Verpressung:  
unproblematisch**

B1



Lage der Messsonde

Dichte im Bohrloch

Durchfluß Suspension

Anlage 6, Plausibilisierung der Verpressung E [REDACTED]  
22. Januar 2016 Seite 1

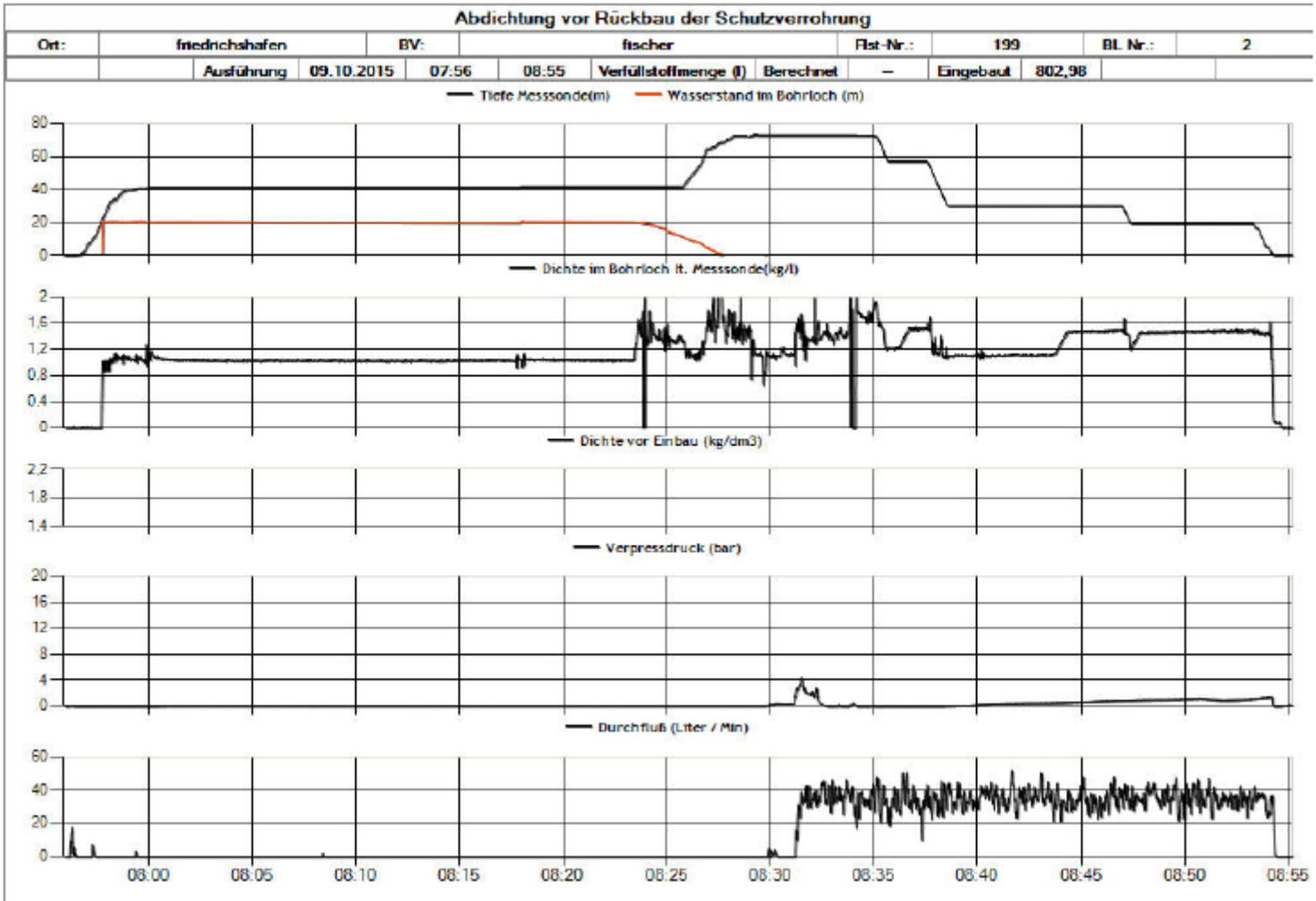


## Plausibilisierung der Verpressung des Ringraums

Bezeichnung der Erdwärmesonde: EWS1

Erstellt anhand vorliegender Dokumentationsunterlagen zur Ringraumverfüllung der  
[REDACTED]

Plausibilitätskriterium	Plausibel	Bemerkungen
Dauer der Verpressarbeiten:	ja	13:38 bis 14:37 Uhr -> ca. 59 min, inkl. Nachverpressung nach Ziehen der Schutzverrohrung
Verwendetes System zur automatischen Abdichtungsüberwachung	ja	Michalik-Messsystem (Edward Michalik GmbH) und Induktivem Durchflussmesser (IDM), anerkannt nach LQS EWS.
Vergleich Ist – Soll Verfüllmenge:	ja	Sollwert: 1,0 m <sup>3</sup> , Istwert: ca. 1,25 m <sup>3</sup> , geringe Mehrmenge durch Suspensions- verluste vermutl. in quartären Schichten
Sensorposition:	ja	Sukzessiver Anstieg in einem Messprotokoll dokumentiert Nachverpressung nt. mittels Sensor bzw. Dichtemessung dokumentiert
Suspensionsdichte im Bohrloch:	ja	ca. 1,6 kg/l bis 1,8 kg/l beim Ziehen des Sensors geht die Dichte auf 0 zurück, d.h. kein Wasser im Bohrloch
Injektionsrate:	ja	Volumenstrom von ca. 20 bis 40 l/min, innerhalb des Messumfangs des eingesetzten IDM



B2

Lage der Messsonde

Dichte im Bohrloch

Durchfluß Suspension

## Plausibilisierung der Verpressung des Ringraums

Bezeichnung der Erdwärmesonde: EWS2

Erstellt anhand vorliegender Dokumentationsunterlagen zur Ringraumverfüllung der

Plausibilitätskriterium	Plausibel	Bemerkungen
Dauer der Verpressarbeiten:	ja*	08:30 bis 08:55 Uhr -> ca. 25 min, ohne Nachverpressung nach Ziehen der Schutzverrohrung, aufgrund der Uhrzeit vermutl. kein taggleiches Verpressen, erscheint aufgrund unkritischer Verhältnisse akzeptabel
Verwendetes System zur automatischen Abdichtungsüberwachung	ja	Michalik-Messsystem (Edward Michalik GmbH) und Induktivem Durchflussmesser (IDM), anerkannt nach LQS EWS.
Vergleich Ist – Soll Verfüllmenge:	-	Sollwert: 1,0 m <sup>3</sup> , Istwert: ca. 0,8 m <sup>3</sup> , keine Erklärung für Mindermenge
Sensorposition:	ja	Sukzessiver Anstieg in einem Messprotokoll dokumentiert ab 70 m uGOK Nachverpressung nt. mittels Sensor bzw. Dichtemessung dokumentiert
Suspensionsdichte im Bohrloch:	-	Keine nachvollziehbare Dichtemessung des Sensors bzw. Dokumentation des Suspensionsspiegels, Kein nachvollziehbares Signal, möglicherweise Verschlämmung des Sensors durch bindiges Material, Überlagerung des Signals durch Stöße des Sensors an die Bohrlochwand oder Sondenbündel. Dichte geht auf 1 zurück, d.h. Wasser im Bohrloch (Flutung des Bohrlochs?)
Injektionsrate:	ja	Volumenstrom von ca. 20 bis 40 l/min, innerhalb des Messumfangs des eingesetzten IDM

\*: nicht direkt aus Protokoll ableitbar

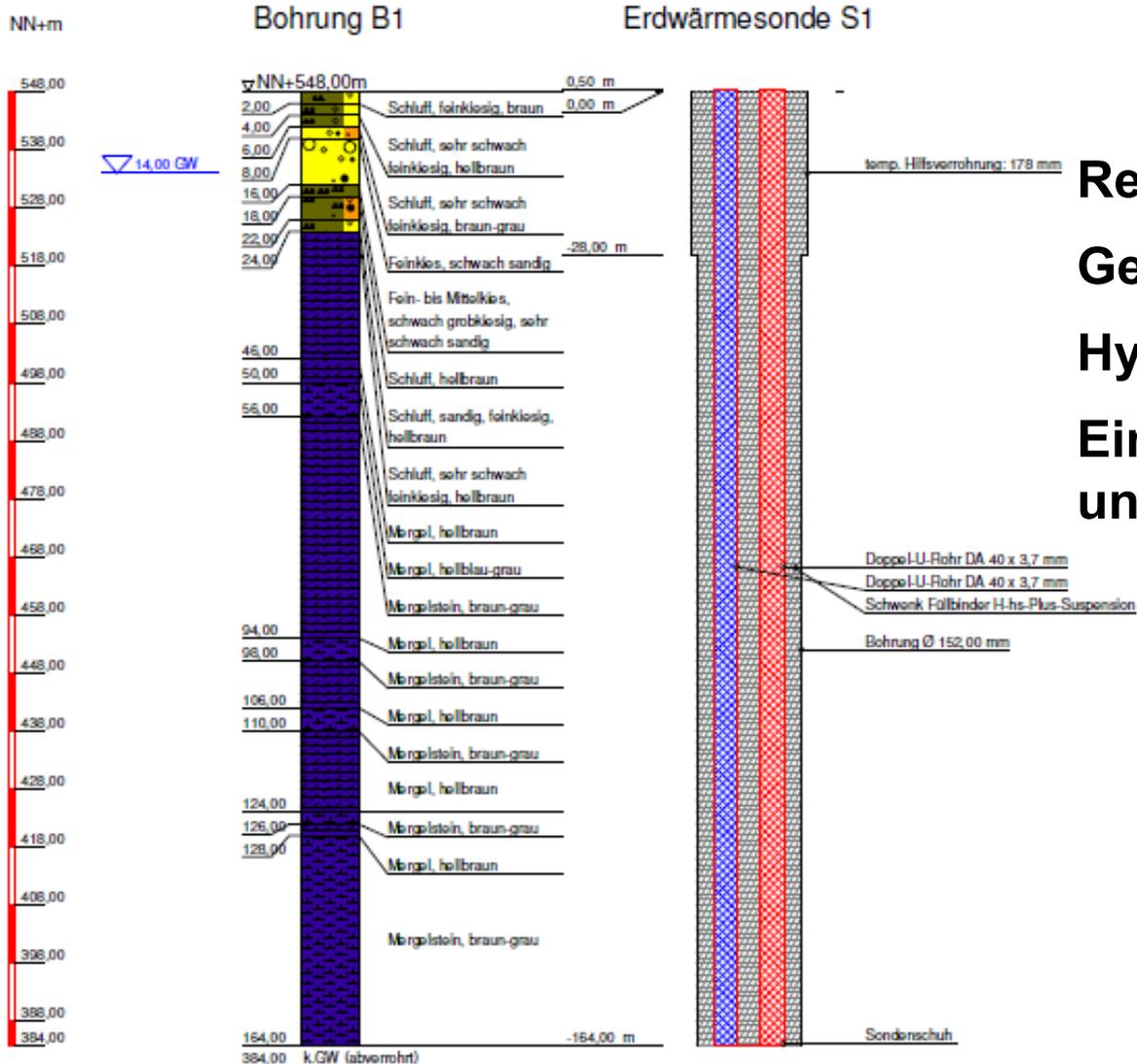
## Abschließende Bemerkungen, Besonderheiten/Hinweise

..... Die Aufzeichnungen zur Durchführung der Verpressarbeiten bei B2 erscheinen allerdings z.T. nicht plausibel. In der Gesamtschau der Daten und in Anbetracht der unkritischen geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse sind jedoch keine nachteiligen Auswirkungen auf wasserwirtschaftliche Belange abzuleiten.

## Einschätzung

- Messsystem mit vielen Informationen
- Hohe Anforderungen an Bohrfirma und Geräteführer  
(EWS-Einbau, Messsondeneinbau, Verpressung, Software, Interpretation der Werte)
- Hinweise auf Probleme bei bindigem Untergrund
- Hinweise auf Probleme bei Verwendung von Spülwanne in Kombination mit Rotor-Stator-Pumpe

# Messsystem CemTrakker



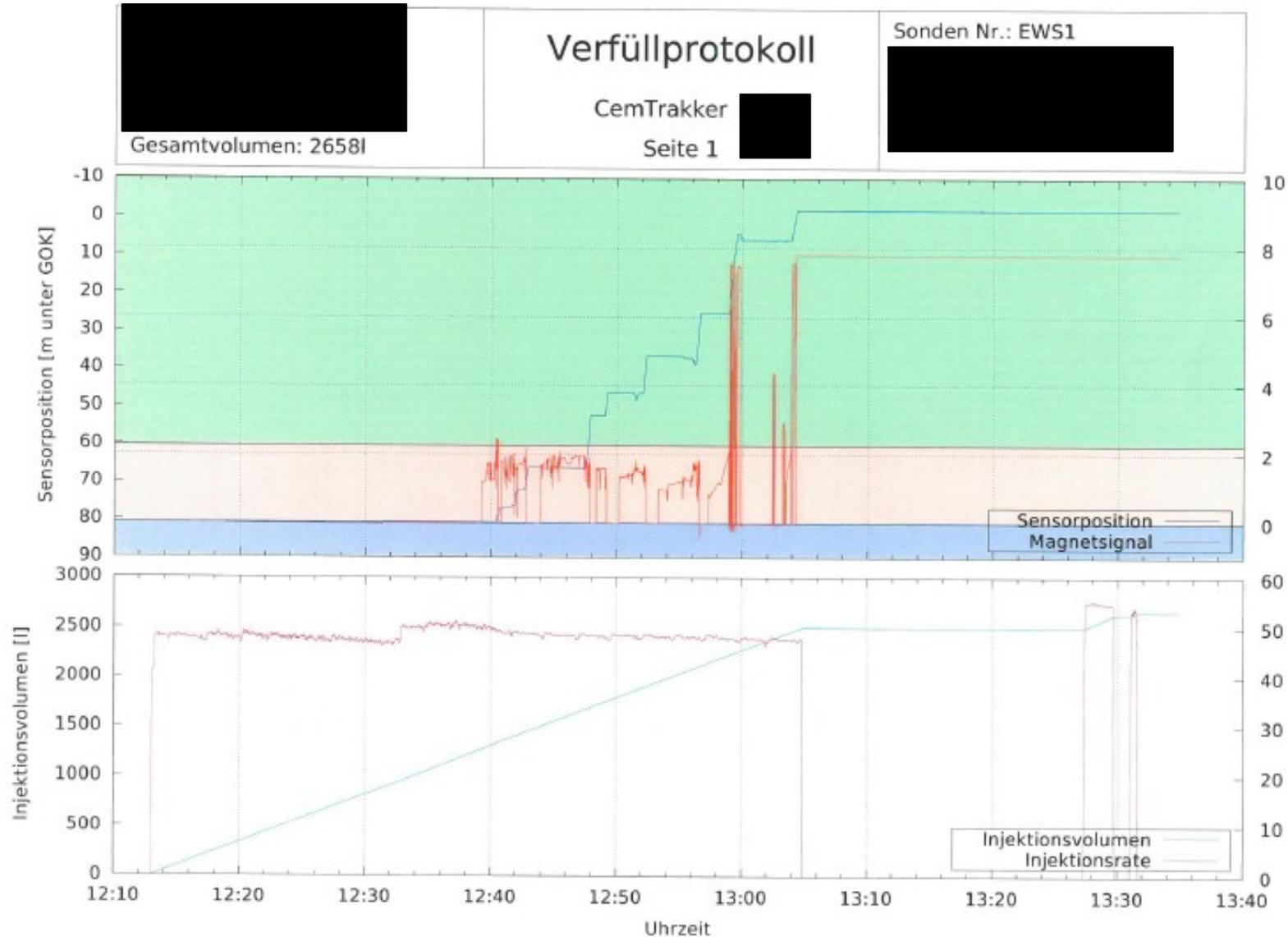
**Region: Oberschwaben**

**Geologie: Quartär/Molasse (tOS)**

**Hydrogeologie: kein GW**

**Einschätzung Verpressung:  
unproblematisch**

# Messsystem CemTrakker



Lage Messsonde

Magnetsignal

Durchfluss/Volumen

Suspension

# Messsystem CemTrakker

Anlage 3, Plausibilisierung der Verpressung EWS 1, [REDACTED]  
07. Dezember 2015, Seite 1



## Plausibilisierung der Verpressung des Ringraums

Bezeichnung der Erdwärmesonde: EWS 1  
Erstellt anhand vorliegender Dokumentationsunterlagen zur Ringraumverfüllung von [REDACTED]

Plausibilitätskriterium	Plausibel	Bemerkungen
Dauer der Verpressarbeiten:	ja	ca. 12:12 bis 13:35 Uhr, 73 min (inklusive sukzessive Nachverpressung bei Ausbau der Schutzverrohrung)
Vergleich Ist - Soll Verfüllmenge:	ja	Sollwert: 2,35 m <sup>3</sup> , Istwert: 2,67 m <sup>3</sup> (inklusive ca. 170 l Nachverpressung bei Ausbau der Schutzverrohrung)
Verwendetes System zur automatischen Abdichtungsüberwachung	ja	CemTrakker in Verbindung mit magnetisch dotiertem Verpressmaterial und induktivem Durchflussmesser (IDM), anerkannt nach LQS EWS
Sensorposition:	ja*	sukzessiver Anstieg ab ca. 80 m uGOK bis GOK. Sensor wurde vermutlich nur bis 80 m eingeführt.
Suszeptibilität (Verpressvorgang):	ja*	geringe Signalstärke zwischen 80 und 28 m u GOK (durch Wandstärke der EWS von 3,7 mm und großem EWS-Querschnitt ist erfahrungsgemäß eine Suszeptibilität von 1,5 ausreichend) im Bereich der Hilfsverrohrung (0 – 28 m u GOK) kein nachvollziehbares Signal
Injektionsrate:	ja	stetiger Volumenstrom zwischen ca. 45 und 55 l/min
Kontrollmessung Suszeptibilität:	ja	Ausreichende Signalstärke über gesamte Sondenlänge. Für die verwendete EWS ist eine Suszeptibilität von 1,5 ausreichend. Geringere Signalstärke zwischen ca. 60 - 5 m uGOK (ggf. geringere Dichte?)
Sensorgeschwindigkeit bei Kontrollmessung:	ja*	ca. 0 - -2,5 m/Min, Softwarefehler

\*: nicht direkt aus Protokoll ableitbar

## Einschätzung

- Mittlere Anforderungen an Bohrfirma und Geräteführer (EWS-Einbau, Messsondeneinbau, Verpressung, Software, Interpretation der Werte)
- Geringe Signalstärke bei EWS mit DA 40 x 3,7 mm
- Messwertschwankungen (Material, Dichte, Geometrie)
- Probleme der Bediener beim Kalibrieren (Nullen)
- bei großen Verrohrungsstrecken ist Lage des Suspensions-spiegels schwer zu ermitteln

# Problem Durchflussmessung

	<h2>Verfüllprotokoll</h2>	Sonden Nr.: EWS01
	CemTrakker <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>	
Gesamtvolumen: 1l	Seite 1	



- bei Pumpversuchen u. TRT keinerlei Probleme
- bei Suspensionsmessungen immer wieder Ausfälle u. Störungen
- IDM / MID für Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser
- Problem Suspension? Problem Feststoffgehalte?*
- sind Einbau- und Betriebsbedingungen des IDM eingehalten?  
*z.B. gefüllte Messstrecke*
- geeichtes Messgerät, keine Messwertausgabe bei Störungen
- tendenziell eher zu geringe Mengen (Vergleichsmessungen)

# Problem Durchflussmessung

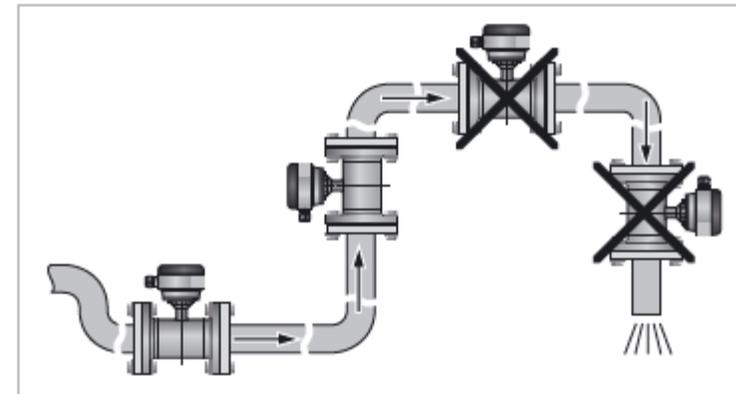
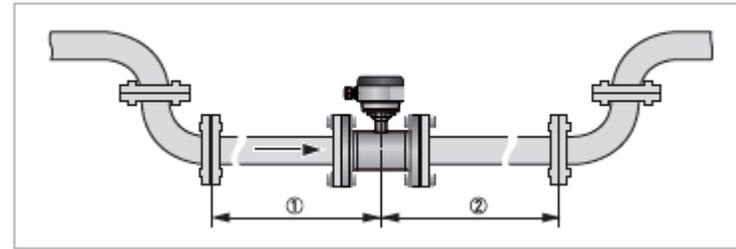


Abbildung 3-6: Installation in gebogenen Rohrleitungen

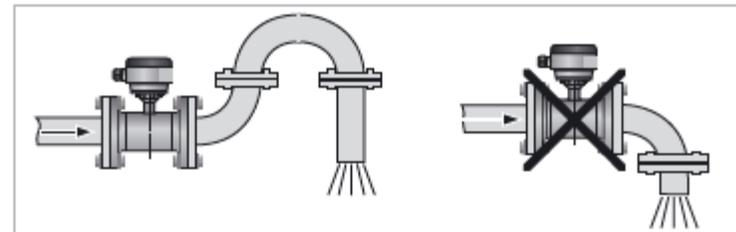


Abbildung 3-8: Installation vor einem freien Auslauf

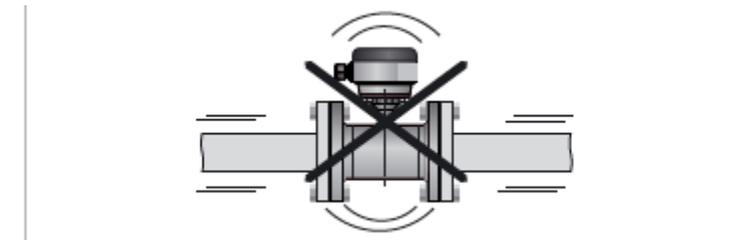


Abbildung 3-1: Schwingungen vermeiden

- Hinweise auf vermehrte Probleme bei Verwendung von Spülwanne in Kombination mit Rotor-Stator-Pumpe  
*Hohe Drücke, ggf. Luft im System, Turbulenz, Schwingungen*
- MID-Herstellerinformationen beachten
- Hinweise/Schulung der Lieferanten der Messsysteme
- Einsatzzweck vom MID-Hersteller freigeben lassen

- Arteserabdichtung
  - keine Zeit zum Einsatz der Messtechnik
  - kein oder wenig dotiertes Material bei Einsatz von Suspensionen mit Schwerspat und Zement → *keine Nachweise*
- Koaxialsonden Wandstärke: 5,4 mm, schwaches Magnetsignal
- Robustere Technik der Messsysteme
- Verpressung wird vom „zweiten“ Mann durchgeführt
- Handling und Verständnis der Messtechnik ausbaufähig
- keine Einsicht in Protokolle für Geräteführer
- innere Einstellung zum Verpressen und zur Messtechnik nt.  
immer vorhanden

- Neu- und Weiterentwicklungen der Messsysteme
- praxisnahe Schulungen, Förderung von Handling und Verständnis der Messtechnik, typische Fehler ausmerzen
- Einsicht in Protokolle für Geräteführer auf Baustelle
- schnellere Vorlage der Protokolle beim Sachverständigen  
*Nachfrage beim Bohrtrupp, ggf. Wiederholungsmessungen*
- innere Einstellung zum Verpressen und zur Messtechnik verbessern
- **Abbildung der gesteigerten Qualität in Messprotokollen!**

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

