



# Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

## Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS) Stand 01.07.2012

### Anlagen:

1. Zuordnungstabelle
2. Abbildung geologisches Säulenprofil (inkl. Anlagen 2.1 bis 2.5)
3. Matrix kritischer Stockwerksbau mit Fallbeispielen
4. Beispiele für Arbeitsanweisungen

### Leitlinie (s. Zuordnungstabelle):

## 1 Bohrunternehmen, Versicherungsschutz und Bohrpersonal

- 1.1 Es dürfen nur Bohrunternehmen beauftragt werden, die als Fachfirmen nach DVGW W 120 (Gruppe G) (künftig DVGW W 120-2) zertifiziert sind oder nachweisen können, dass sie die im DVGW W 120 (künftig DVGW W 120-2) festgelegten Anforderungen gleichwertig erfüllen.
- 1.2 Die Bohrfirma, die mit der Durchführung der Arbeiten beauftragt wird, muss über eine Haftpflichtversicherung in Höhe von mind. 5 Mio. € Deckungssumme verfügen. Für erhöhte Georisiken (artesische Verhältnisse oder Gasführung) ist grundsätzlich ein geeigneter Versicherungsschutz zu gewährleisten. Über eine verschuldensunabhängige Versicherung mit einer Deckungssumme in Höhe von mind. 1 Mio. Euro zur Abdeckung etwaiger durch die Bohrung verursachter Schäden muss entweder die beauftragte Bohrfirma oder der Bauherr verfügen. Entsprechende Versicherungsnachweise sind der unteren Wasserbehörde mindestens zwei Wochen vor dem geplanten Beginn der Bohrarbeiten vorzulegen. Die Bohrfreigabe wird erst im Anschluss an die Prüfung dieser Unterlagen erteilt.
- 1.3 Zusätzlich zum Nachweis der Zertifizierung nach DVGW W 120 (Gruppe G) (künftig DVGW W120-2) hat die Bohrgeräteführerin oder der Bohrgeräteführer für jede Bohrstelle ihre oder seine Qualifikation für Bohrungen im Bereich der oberflächennahen Geothermie nachzuweisen durch:
  - eine mindestens zweijährige Berufserfahrung im Bereich der oberflächennahen Geothermie,

- Referenzprojekte und –bohrungen für geothermische Zwecke
- die Teilnahme an geeigneten Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen zur oberflächennahen Geothermie
- eine Ausbildung als Fachkraft für Bohrungen für geothermische Zwecke, Brunnenbauer, Facharbeiter für geologische Bohrungen, Facharbeiter für Tiefbohrtechnik oder eine gleichwertige Ausbildung.

Die Bohrung ist von dieser qualifizierten Person durchzuführen, die der unteren Wasserbehörde vorab zu benennen ist.

Die Bohrfreigabe wird erst im Anschluss der Prüfung dieser Unterlagen erteilt.

## **2 Bohrverfahren, Ausrüstung, geologische Ansprache und Dokumentation**

- 2.1.1** Das an die Geologie angepasste Bohrverfahren ist von der ausführenden Bohrfirma zu wählen.
- 2.1.2** Erforderliche Arbeitsanweisungen sind auf der Baustelle vorzuhalten und zu beachten.
- 2.1.3** Die ganze Bohrung ist innerhalb der Grundstücksgrenzen abzuteufen. Zur Grundstücksgrenze ist grundsätzlich der halbe Mindestabstand zwischen zwei benachbarten Sonden nach VDI 4640 einzuhalten.
- 2.2.1** Anzahl und Länge eventuell erforderlicher Verpressschläuche, -gestänge oder -lanzen sind an die jeweilige geologisch/hydrogeologische Situation anzupassen.
- 2.2.2** Der Bohrlochdurchmesser ist in Abhängigkeit vom Durchmesser des eingebrachten Sondenbündels und der jeweiligen geologisch/hydrogeologischen Situation (Erfordernis von mehreren Verpressschläuchen oder einem zusätzlichen Manschettenschlauch) von der ausführenden Bohrfirma vor Bohrbeginn festzulegen.
- 2.3.1** An der Bohrstelle müssen mindestens zwei Mitarbeiter(innen) der Bohrfirma tätig sein.

Die Container für das ausgetragene Bohrgut müssen grundsätzlich für die unmittelbare Probenahme gut einsehbar und sofort erreichbar sein.

Ist dies nicht möglich, ist der Container von einer zusätzlichen Person zu überwachen.

- 2.3.2** Pneumatische Schlauchpacker, die an die eingesetzte Bohrtechnik angepasst sind, Zusätze für eine schwere Spülung, Preventer und Absperreinrichtungen sind so vorzuhalten, dass sie jederzeit kurzfristig einsetzbar sind.
- 2.3.3** An der Bohrstelle ist grundsätzlich mindestens ein pneumatischer Packer vorzuhalten, der bei unvorhergesehenen Problemen (z.B. Antreffen eines Artesers, Wasserzutritte, Hohlräume oder Gasaustritte) schnell eingesetzt werden kann. Grundsätzlich ist ein Lichtlot und Feinmessmanometer bzw. Druckmessdose auf der Bohrstelle vorzuhalten, um Wasserspiegellagen und Druckpotentiale im offenen Bohrloch bestimmen zu können.
- 2.3.4** Sind Gasaustritte während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten zu erwarten, sind ein Gasmessgerät vorzuhalten und bohrbegleitende Gasmessungen durchzuführen.
- 2.4.1** Die bei der Bohrung angetroffene Schichtenfolge ist durch eine sorgfältige Probenahme (Beprobung gemäß DIN EN ISO 22475-1, Probenahme alle Meter, mindestens jedoch alle 2 m), Aufnahme der Schichtenfolge (gemäß DIN EN ISO 14688-1, DIN EN ISO 14688-2 und DIN EN ISO 14689-1), deren Darstellung (gemäß DIN 4023) sowie durch eine geologische Gliederung des Bohrprofils zu dokumentieren. Ergänzend sind die Grundwasserstände in die Darstellung der Schichtenfolge einzutragen.
- 2.4.2** Beim Antreffen von Artesern oder kritischem Stockwerksbau sind ein pneumatischer Schlauchpacker, Feinmessmanometer bzw. Druckmessdose und ein Lichtlot einzusetzen, um die Wasserspiegellagen (angebohrt und Ruhewasserstand) und die Druckpotentiale zu dokumentieren. Bei verdrängtem Grundwasser ist mit der Bestimmung der Wasserspiegellagen und der Druckpotentiale zu warten, bis das Wasser nachgeflossen ist.  
Sind aus vorhandenen Projekten in der unmittelbaren Umgebung des Bohrvorhabens ausreichend Informationen und Kenntnisse über Wasserspiegellagen und Druckpotentiale vorhanden, können diese Informationen genutzt und verifiziert werden.

### **3 Baustoffe, Mischtechnik und Abdichtung**

- 3.1.1** Durch baustofftechnische Untersuchungen durch ein akkreditiertes Institut ist nachzuweisen, dass der Baustoff Mindestanforderungen an die Suspensionsdichte, unter Angabe des dazugehörigen Wasser-/Feststoffwertes, die Suspensionsstabilität und die Rheologie, die Druckfestigkeit und die Hydratationswärme erfüllt. Der Baustoff hat dauerhaft einen  $k_f$ -Wert von  $\leq 5 \cdot 10^{-9}$  m/s zu

erreichen. Die wasserhygienische Unbedenklichkeit ist durch ein Hygienezeugnis nachzuweisen.

Die Gleichwertigkeit von Eigenmischungen zu werkseitig hergestellten Fertigbaustoffen ist durch entsprechende baustofftechnische Untersuchungen durch ein akkreditiertes Institut für die Baustelle nachzuweisen.

Grundsätzlich ist ein Baustoff mit hohem Sulfatwiderstand einzusetzen.

- 3.1.2** Eine Druckprüfung der Erdwärmesonde muss entweder in der Frischsuspensionsphase erfolgen oder kann vorgenommen werden, wenn der Baustoff bei Bodentemperatur eine ausreichende Druckfestigkeit in Höhe von  $1 \text{ N/mm}^2$  erreicht hat. Eine ausreichende Abbindezeit (nach Angaben des Herstellers oder mind. 28 Tage) ist dann einzuhalten.
- 3.1.3** Die EWS-Anlage ist so zu betreiben, dass ein Einfrieren des Untergrundes und damit eine Frost-Tauwechsel-Beanspruchung der Ringraumabdichtung oder des Gebirges nicht erfolgt. Grundsätzlich kann ein frostfreier Betrieb bis zu einer minimalen Temperatur des Wärmeträgermediums beim Austritt aus der Wärmepumpe in Richtung EWS-Anlage von  $-3^\circ\text{C}$  erfolgen.
- 3.1.4** Bei betonaggressiven Grundwässern nach DIN EN 206-1 ist ein Baustoff mit hohem chemischen Widerstand gegen die im Grundwasser vorhandenen betonaggressiven Stoffe zu verwenden.
- 3.2.1** Das Verfüllmaterial ist vollständig aufzuschließen und zu durchmischen, die Angaben des Herstellers zur Mischtechnik sind zu beachten. Grundsätzlich sind automatisch gravimetrisch dosierende Kolloidal-Mischanlagen (Chargen- oder Kontinuierliches Verfahren oder alternativ Kolloidal-Chargenmischanlagen mit handgeführtem Protokoll über Wassermenge und Feststoff der Chargen) einzusetzen. Die Anlagen müssen einen stetigen Volumenstrom von mind.  $40 \text{ l/min}$  und einen Druck von  $20 \text{ bar}$  gewährleisten können. Zur Beherrschung besonderer Verhältnisse zum Beispiel bei Strömungen sind Pumpen mit größeren Volumenströmen  $> 75 \text{ l/min}$  vorzusehen.
- 3.2.2** Das Abdichtungsmaterial ist nach den Angaben des Herstellers anzumischen (siehe Datenblatt des Baustoffherstellers). Dabei ist die angegebene Dichte zu erreichen und beim Einsatz von Bohrspülungen hat die Suspensionsdichte der verwendeten Suspension mindestens  $0,3 \text{ g/cm}^3$  größer als die eingesetzte Bohrspülung zu sein.  
Durch Dichtemessung der angesetzten Baustoffsuspension (mit Hilfe Aräometers, Spülungswaage oder  $5 \text{ kg}$ -Haushaltswaage und einem definierten Litergefäß) ist zu überprüfen, ob die erforderliche Dichte erreicht wird.

- 3.2.3 Eine Rückstellprobe des Abdichtungsmaterials ist zu nehmen kühl und trocken gelagert mindestens bis zum Ende der Gewährleistungsfrist aufzubewahren.
- 3.2.4 Ein Absetztest ist durchzuführen und zu dokumentieren. Ein hohes Absetzmaß an Wasser deutet auf ein potentielles Entmischen der Suspension hin (Wasserabsetzen der Suspension > 2%).
- 3.3.1 Die wassergefüllten Sonden sind zusammen mit einem oder mehreren Verpressschläuchen bzw. Verpressgestänge oder –lanze hängend über die ganze Länge einzubauen. Das Sondenbündel ist von einer gebremsten Haspel oder einem Injektionsgestänge abzulassen.
- 3.3.2 Das Bohrloch ist ohne zeitliche Verzögerung unmittelbar im Anschluss an die Bohrarbeiten und eventuell notwendiger Messungen (z.B. Grundwasserstand und Druckpotential) nach Einbau der Sondenrohre grundsätzlich **tagesgleich** im Kontraktorverfahren von unten nach oben abzudichten.
- 3.3.3 Mit der Herstellung einer weiteren Sondenbohrung kann erst begonnen werden, wenn der aushärtende Baustoff in der bereits abgedichtenden Bohrung nicht negativ beeinträchtigt wird.
- 3.3.4 Der Abdichtungsvorgang ist im Bohrloch automatisch zu überwachen und zu dokumentieren. Dabei sind das Volumen der in die Bohrung eingebrachten Baustoffsuspension und der Anstieg des Baustoffsuspensionsspiegels im Bohrloch während der Abdichtungsphase über die ganze Tiefe und Zeit (inkl. 15 minütiger Nachlaufzeit) kontinuierlich zu erfassen und elektronisch aufzuzeichnen. Die Tiefenangabe über den Stand der Baustoffsuspension im Bohrloch und das Volumen muss für den Bohrgeräteführer auf der Baustelle am Gerät oder den Geräten einsehbar sein. Die Tiefenangabe des Baustoffsuspensionsspiegels muss mind. auf +/-2 Meter genau sein. Eine graphische Auswertung des Volumens und des Anstiegs der Baustoffsuspensionssäule über die Zeit und die Tiefe sind zu erstellen und dem Dokumentationsbericht beizufügen.
- 3.3.5 Während des Abdichtungsvorgangs sind der Wasser-/Feststoffwert und die Suspensionsdichte zu dokumentieren, indem regelmäßige Dichtemessungen der Suspension (mit Hilfe eines Aräometers, einer Spülungswaage oder einer 5 kg-Haushaltswaage und einem definierten Litergefäß) mit einem Soll/Ist-Vergleich durchgeführt werden. Bei Einsatz eines Chargenmischers ist die Suspensionsdichte je Charge zu bestimmen und zu dokumentieren.
- 3.3.6 Der Abdichtungsvorgang ist erst dann abzuschließen, wenn die Dichte der aus der Bohrung austretenden Suspension mit der Dichte der angesetzten Sus-

pension übereinstimmt. Der Abschluss der Verfüllung ist entsprechend zu dokumentieren.

- 3.3.7** Die Pumpe zum Einbringen des Baustoffes im Kontraktorverfahren muss ausreichend dimensioniert sein. Ein Verpressdruck muss  $\geq 20$  bar bei einem Volumenstrom von 40 bis 150 l/min muss gewährleistet sein.
- 3.3.8** Sämtliche dokumentierte Schritte, wie Ansprache des Untergrundes, Schichtenprofil mit Wasserstände und Potentiale, des Sondeneinbaus, des Abdichtungsvorgangs und ein Ausbauplan sind in einem kurzen Bericht zusammenzufassen und der unteren Wasserbehörde nach Abschluss der Arbeiten zu überreichen. Gleichzeitig sind die wichtigsten Daten zur Erfassung in der Grundwasserdatenbank zur Verfügung zu stellen.
- 3.4.1** Bei Grundwasserverhältnissen mit größeren Potentialdifferenzen (gespanntes Grundwasser oder Wasserbewegungen von oben nach unten) ist ein Grundwasserfließen vor dem Verfüllvorgang durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden.
- 3.4.2** Bei mehreren Grundwasserstockwerken hat die Abdichtung gezielt stockwerksbezogen zu erfolgen, beispielsweise durch den Einbau zusätzlicher Verpressschläuche, Packer oder Verwendung einer beweglichen Verpresslanze.
- 3.5** Bei Abdichtung von CO<sub>2</sub> Austritten ist die Zement angreifende Eigenschaft von kalklösender Kohlensäure zu berücksichtigen.
- 3.6.1** Bei Hohlräumen hat die Abdichtung gezielt zu erfolgen, beispielsweise durch den Einbau zusätzlicher Verpressschläuche oder Verwendung einer Verpresslanze.
- 3.6.2** Bei Verwendung von Tonpellets als Ringraumabdichtung ist die Misch- und Pumpenanlage im Vorfeld sorgfältig zu planen und ausreichend zu dimensionieren.

## **4 Bauüberwachung und geophysikalische Messungen**

- 4.1.1** Werden EWS-Anlagen in Gebieten mit schwierigen geologischen und hydrogeologischen Untergrundverhältnissen (siehe Zuordnungstabelle) errichtet, hat eine externe und unabhängige Bauüberwachung durch eine(n) Sachverständige(n) in Abstimmung mit der unteren Wasserbehörde je nach Kenntnis über die geologischen und hydrogeologischen Untergrundverhältnisse gezielt zu den wichtigen Arbeitsschritten zu erfolgen. Die ordnungsgemäße Durchführung aller Arbeiten ist nach deren Abschluss zu dokumentieren und gegenüber

der unteren Wasserbehörde schriftlich zu bestätigen. Die Bohrfreigabe wird erst im Anschluss an die Abstimmung der Bauüberwachung mit der UWB erteilt.

- 4.1.2** Sachkundig ist, wer mit der regionalen Geologie vertraut ist, über ausreichende Fachkenntnisse im Bereich der Heizungstechnik und Dimensionierung von EWS-Anlagen und über vertiefte Kenntnisse über Bohrtechnik, Baustoffe, Misch- und Messtechnik verfügt und eine Qualifikation als Geowissenschaftler(in) oder gleichwertig nachweisen kann. Die Sachkunde ist über geeignete Fortbildungsmaßnahmen zu erlangen und gegenüber der unteren Wasserbehörde nachzuweisen.
- 4.1.3** In einem Sondenfeld wird die Anzahl der fachlich zu überwachenden Sonden grundsätzlich festgesetzt (1 Bohrung bei  $\leq 5$  Sonden, 2 Bohrungen bei  $\leq 7$ , 3 Bohrungen bei  $\leq 10$  Sonden, bei  $> 10$  Sonden ist die Anzahl in Absprache mit der unteren Wasserbehörde festzusetzen). Eine Verdichtung oder Lockerung kann in Abhängigkeit der Geologie und der vorliegenden verlässlichen Bestimmung und Dokumentation von Erkenntnissen über den geologischen Aufbau, die aus benachbarten Bohrungen oder aus bereits ausgeführten Bohrungen innerhalb eines Projektes vorhanden sind, erfolgen.
- 4.2.1** In Gebieten mit schwierigen geologischen und hydrogeologischen Untergrundverhältnissen (siehe Zuordnungstabelle) sind EWS für geophysikalische Messungen grundsätzlich zugänglich zu halten. Der Mindestinnendurchmesser der Sondenrohre soll grundsätzlich 25 mm betragen. Für EWS-Felder, die überbaut werden, sind angepasste Konzepte zu entwickeln oder Vorkehrungen zu treffen, die eine Messung ermöglichen.
- 4.2.2** Falls die automatische Abdichtungsüberwachung Hinweise auf Probleme gibt oder der/die Sachverständige die ordnungsgemäße Durchführung der Arbeiten nicht bestätigen kann, ist in Gebieten mit schwierigen geologischen und hydrogeologischen Untergrundverhältnissen (siehe Zuordnungstabelle) durch geeignete Messverfahren nachzuweisen, dass die Ringraumabdichtung erfolgreich war.