



Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

**Empfehlungen der LAWA für
wasserwirtschaftliche Anforderungen
an Erdwärmesonden und -kollektoren**

beschlossen auf der 157. LAWA-Vollversammlung am 03./04.04.2019 in Gotha

Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und -kollektoren

Erarbeitet von der LAWA-Kleingruppe „Oberflächennahe Geothermie und Grundwasserschutz“ des Ständigen Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWA

Fertigstellung: 12.10.2018

Mitglieder der Kleingruppe:

Michael Eisele	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Ute Hellstern	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Claudia Holl	Behörde für Umwelt und Energie der Freien und Hansestadt Hamburg
Ulrike Hörmann	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin
Holger Jensen	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen
Carla Landgraf	Bayerisches Landesamt für Umwelt

mit Beiträgen von
Thomas Wagner Bayerisches Landesamt für Umwelt (Mitglied des BLAK UmWS)

Inhaltsverzeichnis

0	VERWENDETE BEGRIFFE	4
1	EINLEITUNG	6
2	ANWENDUNGSBEREICH	6
3	RECHTSGRUNDLAGEN.....	6
4	WASSERWIRTSCHAFTLICHE ZIELSTELLUNG	7
5	EMPFEHLUNGEN.....	8
5.1	Anzeige- und Erlaubnispflicht, AwsV	8
5.2	Wasserwirtschaftlich sensible Grundwassernutzungen und Standortfaktoren	10
5.3	Planung	12
5.4	Bau	13
5.5	Betrieb.....	18
5.6	Stilllegung und Rückbau	22
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	24
8	ANHANG	27

0 Verwendete Begriffe

Erdwärmekollektor (Definition VDI 4640-2 (Gründruck))

Wärmeübertrager, der horizontal oder schräg in den oberen fünf Metern des Untergrunds im freien Gelände eingebaut wird.

Anmerkung: Es kann sich dabei um einzelne Rohrstränge handeln, aber auch um parallele Rohrregister, spiral- oder schraubenförmige Rohrstränge, Rohrregister an Grabenwänden und ähnliche Anordnungen.

Erdwärmesonde (Definition VDI 4640-2 (Gründruck))

Wärmeübertrager in einem abgedichteten Bohrloch, der vertikal oder schräg in den Untergrund eingebracht wird.

Anmerkung: Meist handelt es sich um Kunststoffrohre, die in Bohrlöchern eingebaut werden und entweder U-förmig oder konzentrisch als Innen- und Außenrohr ausgebildet sind; es können aber auch schraubenförmige Rohrwendel, Rohrbündel etc. eingesetzt werden. Der Wärmetransport innerhalb der Erdwärmesonden erfolgt meist durch das Umpumpen einer Wärmeträgerflüssigkeit. Erdwärmesonden, die nur dem Wärmeentzug aus dem Untergrund dienen, können auch nach dem Prinzip des Wärmerohrs (Heat Pipe) ausgebildet sein.

Erdwärmanlage

Eine Erdwärmanlage besteht aus einer Wärmepumpe mit allen Installationen im Gebäude und im Erdreich (z.B. erdseitige Wärmetauscher – Erdwärmesonde/Erdwärmekollektor, Anbindeleitungen, Verfüllmaterial, Verteiler, Armaturen etc.).

Kleinere Erdwärmanlagen

Als Kleinanlagen im Sinne dieser Empfehlung gelten Erdwärmanlagen, die folgende Kriterien erfüllen:

- Heiz- und/ oder Kühlleistung bis zu 30 kW,
- Jahresvolllaststunden bis zu 2400 h.

Größere Erdwärmanlagen

Als größere Anlagen im Sinne dieser Empfehlung gelten Erdwärmanlagen, die folgende Kriterien erfüllen:

- Heiz- und/ oder Kühlleistung größer 30 kW,
- Jahresvolllaststunden größer 2400 h.

Erdwärmanlagen, die der AwSV unterliegen

Erdwärmanlagen, die der AwSV unterliegen, sind Erdwärmesonden- und –kollektoranlagen, die wassergefährdende Stoffe als Kältemittel und/oder Wärmeträgermedium verwenden und gemäß § 62 Abs. 1 WHG im Bereich der gewerblichen Wirtschaft oder öffentlicher Einrichtungen eingesetzt werden.

Stockwerksbau (Definition des PK Durchlässigkeit 2015)

Ein Grundwasserstockwerksbau liegt bei mehreren übereinanderliegenden Grundwasserleitern vor, die durch Grundwassergeringleiter getrennt sind. Ein Grundwasserleiter ist ein Gesteinskörper, der geeignet ist, Grundwasser weiterzuleiten. Ein Grundwassergeringleiter (auch als Grundwasserhemmer bezeichnet) ist ein Gesteinskörper, der im Vergleich zu einem benachbarten Gesteinskörper gering wasserdurchlässig ist (DIN 4049-3).

hydrogeologisch sensible Gebiete

Hydrogeologisch sensibel im Sinne dieser Empfehlung sind Gebiete

- mit einem wesentlichen Stockwerksbau,
- mit gespannten bis artesisch gespannten Grundwasservorkommen,
- mit einer hohen Wasserdurchlässigkeit der Gesteine,
- mit Karst oder karstähnlichen Verhältnissen sowie Subrosionsbildungen (Erdfälle),
- mit quelfähigen oder löslichen Gesteinen, in denen durch die Bohrung Grundwasserleiter mit unterschiedlichen Druckniveaus und/oder unterschiedlicher Grundwasserbeschaffenheit miteinander verbunden werden können,
- in denen durch eine Bohrung Deckschichten durchörtert werden, die nennenswerte Grundwasservorkommen schützen.

Die Auflistung ist nicht abschließend und kann um länderspezifische Kriterien ergänzt werden.

Tiefe Grundwasservorkommen (in Anlehnung an Waber et al., 2015)

Tiefe Grundwasservorkommen sind Bestandteile von meist großräumigen Fließsystemen, die durch weiträumig ausgebildete Trennschichten vor anthropogenen Einflüssen geschützt sind und/oder während eines großen Teils ihrer Verweilzeit in größerer Tiefe fließen. Diese sich langsam regenerierende Grundwassersysteme weisen geringe bis nicht nachweisbare Aktivitäten des radiogenen Wasserstoffisotop Tritium auf und haben mittlere Verweilzeiten von mindestens mehreren Jahrzehnten.

1 Einleitung

Der Ausschuss Grundwasser und Wasserversorgung der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat im Rahmen seiner 77. Sitzung beschlossen, die im Jahr 2011 veröffentlichten “Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren“ zu aktualisieren. Neue fachliche Erkenntnisse, die Weiterentwicklung technischer Regelwerke sowie rechtliche Änderungen waren ausschlaggebend für diese Entscheidung. Diese Empfehlungen ersetzen die bisherigen Empfehlungen aus dem Jahr 2011.

Die vorliegenden Empfehlungen sollen dazu beitragen, die Belange des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Nutzung der ressourcen- und klimaschonenden Erdwärme in angemessener Weise und mit der erforderlichen Sorgfalt zu berücksichtigen. Schon bei Planung und Standortauswahl von Erdwärmesonden und -kollektoren lassen sich erste Weichen stellen. Hierzu enthält dieses Papier ebenso Empfehlungen wie für grundwasserschonende Maßnahmen, die bei Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Erdwärmesonden und -kollektoren zu beachten sind. Auch hinsichtlich der wasserrechtlichen Erlaubnis- und Anzeigepflicht werden Empfehlungen ausgesprochen. In ihrer Gesamtheit gewährleisten die formulierten wasserwirtschaftlichen Anforderungen die Aufrechterhaltung eines hohen Schutzniveaus für das Grundwasser und seiner Nutzung insbesondere als Trinkwasserressource.

Die Empfehlungen richten sich in erster Linie an die im Bereich der Wasserwirtschaft tätigen Landes- und Kommunalbehörden, darüber hinaus aber auch an Bauherren, Ingenieur- und Planungsbüros, Bohrfirmen und andere Interessierte.

2 Anwendungsbereich

Diese hier genannten Empfehlungen gelten für Erdwärmesonden und -kollektoren. Sie setzen die Einhaltung der Anforderungen der einschlägigen allgemein anerkannten Regeln der Technik (z.B. VDI 4640-1, VDI 4640-2 (Gründruck), DIN 8901) im Grundsatz voraus und gehen teilweise darüber hinaus. Die Empfehlungen sind nicht beschränkt auf bestimmte Anlagengrößen und schließen Anlagen zum Heizen und/oder zum Kühlen mit ein.

3 Rechtsgrundlagen

Die wesentlichen Rechtsgrundlagen für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur Erdwärmenutzung im Bereich des Wasserrechts sind:

- das Wasserhaushaltsgesetz (WHG),
- die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV),
- die Wassergesetze der Länder,
- die Rechtsverordnungen für Wasser- und Heilquellenschutzgebiete und
- sonstige untergesetzliche Regelwerke der Länder.

Weitere Anforderungen werden z.B. in Erdwärme-Leitfäden der Länder beschrieben.

Neben den hier aufgeführten wasserrechtlichen Grundlagen sind andere Rechtsbereiche wie z.B. das Bundesberggesetz (BBergG), das Lagerstättengesetz (LagerStG) sowie das im Mai 2017 in Kraft getretene Standortauswahlgesetz (StandAG), nach dem z. B. Vorhaben ab einer Teufe von 100 m bis auf Weiteres besonderen Prüf- und Zulassungskriterien unterliegen, zu beachten. Diese Rechtsbereiche werden im Rahmen dieser Empfehlungen nicht weiter betrachtet.

4 Wasserwirtschaftliche Zielstellung

Die vorliegenden Empfehlungen haben den vorsorgenden Grundwasserschutz sowie die Sicherstellung der öffentlichen Wasserversorgung im Fokus und sollen den Wasserbehörden bei wasserrechtlichen Entscheidungen als Grundlage für verschiedene wasserwirtschaftliche Aspekte dienen, auch im Hinblick auf einen bundesweit einheitlichen Vollzug. An die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesonden- und -kollektoranlagen sind aus wasserwirtschaftlicher Sicht strenge Maßstäbe zu stellen, da nicht auszuschließen ist, dass Erdwärmesonden- und -kollektoranlagen geeignet sind, schädliche Veränderungen des Grundwassers herbeizuführen.

In jedem Fall ist die **Vorrangstellung der Trinkwassergewinnung** vor der Nutzung von Erdwärme zu wahren. In der Praxis kann dies zu Einschränkungen der Erdwärmennutzung bis hin zum Versagen einer für eine Erdwärmeeanlage erforderlichen wasserrechtlichen Erlaubnis führen.

In Hinblick auf den vorsorgenden Grundwasserschutz sind insbesondere folgende wasserwirtschaftlichen Zielstellungen von Bedeutung:

Es dürfen **keine Wasserwegsamkeiten im Untergrund infolge von Erdwärmesondenbohrungen** geschaffen werden. Diese können unerwünschte hydraulische Kurzschlüsse zwischen Grundwasserleitern zur Folge haben. Erdwärmesondenbohrungen sind somit vom Grundsatz her nur zulassungsfähig, wenn sichergestellt werden kann, dass mindestens die vor dem Niederbringen der Bohrungen vorliegende Systemdurchlässigkeit wiederherzustellen und auf Dauer aufrechtzuerhalten ist.

Durch Errichtung und Betrieb von Erdwärmesonden und -kollektoren dürfen **keine nachteiligen Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit infolge der Verwendung wassergefährdender Stoffe** herbeigeführt werden. Dies lässt sich z. B. durch den Einsatz von Wärmeträgerflüssigkeiten sowie Bohrzusatz- und Betriebsmitteln, welche über kein oder ein nachweislich nur geringes Wassergefährdungspotenzial verfügen, sowie durch wasserbehördliche Vorgaben hinsichtlich der Anlagensicherheit und -überwachung umsetzen.

Die Nutzung von Erdwärme darf **keine signifikanten thermischen Veränderungen im Grundwasser** auslösen. Aus diesem Grunde sind wasserbehördliche Vorgaben zu Temperaturgrenzwerten des Wärmeträgermediums und des Grundwassers einzuhalten. Temperaturveränderungen des Grundwassers beeinflussen nicht nur die Grundwasserbeschaffenheit, sondern auch die Grundwasserökologie und die daran gekoppelten Ökosystemfunktionsleistungen. Die Grundlagenforschung hinsichtlich der Auswirkungen von Temperaturveränderungen auf die im Grundwasser vorhandenen Organismen steht zwar noch am Anfang. Nichtsdestotrotz sollten die bislang gewonnenen Hinweise zur Empfindlichkeit einiger faunistischer Arten gegenüber Temperaturveränderungen zum Anlass genommen werden, grundwasserökologischen Gesichtspunkten bei der Nutzung von Erdwärme zukünftig eine stärkere Aufmerksamkeit zu widmen.

Um den genannten wasserwirtschaftlichen Zielvorgaben Rechnung zu tragen, werden im nachfolgenden Kapitel Empfehlungen für den wasserbehördlichen Vollzug ausgesprochen.

5 Empfehlungen

5.1 Anzeige- und Erlaubnispflicht, AwSV

Empfehlung 1

Erdwärmesondenanlagen bedürfen eines wasserrechtlichen Anzeige- oder Erlaubnisverfahrens. In der Praxis hat sich für Erdwärmesonden im Grundwasserbereich das Erlaubnisverfahren bewährt.

Erläuterung:

§ 49 Abs. 1 Satz 1 WHG begründet für grundwassererhebliche Erdarbeiten zunächst eine Anzeigepflicht, die einen Monat vor Beginn der Arbeiten gegenüber der zuständigen Behörde erfolgen muss. Die Anzeige soll den zuständigen Behörden ermöglichen, etwaige Folgen der Arbeiten für den Wasserhaushalt zu prüfen und die zum Schutz des Grundwassers gebotenen Anordnungen zu treffen.

Werden bei diesen Erdarbeiten Stoffe in das Grundwasser eingebracht, erfüllt dies grundsätzlich den Tatbestand einer erlaubnispflichtigen Benutzung (§§ 8 Abs. 1, 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG). Anstelle der Anzeige ist eine Erlaubnis nur erforderlich, wenn sich das Einbringen nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken kann (§ 49 Abs. 1 Satz 2 WHG). Davon kann bei Erdwärmesonden erst einmal ausgegangen werden, da für die einzubringenden Baustoffe weder eine europäische technische Zulassung noch eine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik nach dem Bauproduktengesetz vorliegt, welche die Unbedenklichkeit dieser Stoffe belegen kann.

Gemäß § 49 Abs. 4 WHG können durch Landesrecht abweichende Regelungen getroffen werden. Davon haben einige Länder Gebrauch gemacht und anstelle einer Anzeigepflicht eine generelle Erlaubnispflicht für Erdwärmesondenanlagen festgelegt.

Bei der Beurteilung der Auswirkungen auf die Beschaffenheit des Grundwassers ist neben den Arbeiten zur Errichtung der Anlage auch der Betrieb der Anlage zu berücksichtigen. Werden Erdwärmesonden oberhalb der ersten grundwasserführenden Schicht errichtet und betrieben, gilt auch dies als Benutzung, wenn diese Maßnahmen geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen (§ 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG).

Für die Beurteilung der Auswirkungen des Einbringens und Betriebs von Erdwärmesondenanlagen auf das Grundwasser sind insbesondere folgende Sachverhalte zu beachten:

- Durchteufen stockwerkstrennender Schichten,*
- Verwendung von wassergefährdenden Stoffen (Maschinenöle, Wärmeträgermedien),*
- Bohren in hydrogeologisch sensiblen Gebieten (z.B. Karstgebiete, Stockwerksbau),*
- Bohren auf Standorten mit Altlasten, Altablagerungen oder Altbergbau.*

Die Voraussetzungen für ein Erlaubnisverfahren dürften damit in der Praxis fast immer gegeben sein.

Die Erlaubnis sollte befristet erteilt werden. Eine zeitlich befristete wasserrechtliche Erlaubnis löst spätestens im Rahmen der Neubeantragung nach Fristablauf eine anlassunabhängige Überprüfung durch die zuständige Wasserbehörde aus. Bei unbefristeten erteilten Erlaubnissen sollte mindestens eine vertiefte Überprüfung der Erlaubnis in größeren Zeitabständen durch Nebenbestimmungen geregelt werden.

Empfehlung 2

Erdwärmekollektoranlagen bedürfen eines wasserrechtlichen Anzeigeverfahrens, ggf. auch eines wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens. Bei Erfordernis eines Erlaubnisverfahrens sollte die Erlaubnis befristet erteilt werden.

Erläuterung:

Werden Erdwärmekollektoren im Grundwasser errichtet, gelten die für Erdwärmesonden genannten Bestimmungen des WHG entsprechend (siehe Erläuterung zur Empfehlung 1 sowie § 49 Abs. 1 Satz 2 WHG). Bei Erdwärmekollektoren oberhalb der ersten grundwasserführenden Schicht ist wie bei Erdwärmesonden zu prüfen, ob ein Benutzungstatbestand gemäß § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG vorliegt. Zur Unterscheidung dieser Fälle ist der Abstand der Anlage zum höchsten gemessenen bzw. zu erwartenden Grundwasserstand heranzuziehen.

Zur Prüfung, ob nachteilige Veränderungen eintreten können, sind beispielsweise folgende Kriterien im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens zu beachten:

- Verringerung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (beispielsweise Abtragung bindiger Schichten durch Erdarbeiten oder durch gezielte Versickerung von Niederschlagswasser über einem Erdwärmekollektor),
- Standorte mit Altlasten oder Altablagerungen und
- Verwendung von wassergefährdenden Stoffen während des Betriebs und damit verbundene Gefahr von austretenden Wärmeträgermedien infolge von Leckagen.

Bei Erdwärmekollektoranlagen, die oberhalb der ersten grundwasserführenden Schicht errichtet werden, kann ein Benutzungstatbestand nicht von vorneherein, d.h. ohne behördliche Prüfung, ausgeschlossen werden. Um eine diesbezügliche Prüfung zu ermöglichen, ist für diese Fälle als erster Schritt zumindest das Anzeigeverfahren gemäß § 49 Abs. 1 Satz 1 WHG durchzuführen. Der Anzeige sind mindestens Unterlagen bezüglich Lage, Flächenumfang, Einbautiefe, Flurabstand sowie der benötigten Heiz- bzw. Kühlleistung beizufügen.

Die ggf. erforderliche Erlaubnis sollte befristet erteilt werden. Eine zeitlich befristete wasserrechtliche Erlaubnis löst spätestens im Rahmen der Neubeantragung nach Fristablauf eine anlassunabhängige Überprüfung durch die zuständige Wasserbehörde aus.

Empfehlung 3

Erdwärmeeinrichtungen sind Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe, wenn die Wärmeträgermedien und/oder Kältemittel wassergefährdend im Sinne der AwSV sind. Diese Anlagen im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und öffentlicher Einrichtungen müssen den Anforderungen der AwSV entsprechen.

Erläuterung:

Unterirdische Anlagen, die der AwSV unterliegen, müssen grundsätzlich doppelwandig ausgeführt werden. Für die üblichen einwandigen Bauweisen von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind daher in § 35 Abs. 2 AwSV besondere Tatbestände formuliert, unter denen eine Einwandigkeit zulässig ist. Die Anlagen dürfen als unterirdische Anlagen gemäß § 45 Abs. 1 Nr. 1 AwSV nur von Fachbetrieben nach § 62 AwSV errichtet werden. Außerdem sind diese Anlagen nach § 46 in Verbindung mit Anlage 5 oder 6 AwSV vor Inbetriebnahme sowie nach einer wesentlichen Änderung, ansonsten wiederkehrend alle 5 Jahre (in Schutz- und Überschwemmungsgebieten alle 30 Monate) und bei Stilllegung durch einen Sachverständigen nach § 2 Abs. 33 AwSV zu prüfen. Die Prüfungen umfassen die Ordnungsprüfung und die Technische Prüfung. Bei der Ordnungsprüfung ist auch die Dokumentation der Errichtung einschließlich der Druckprobe zu prüfen. Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung ist zusätzlich die Dichtigkeit des Gesamtsystems zu prüfen. Bei Erdwärmeeinrichtungen mit Erdwärmesonden und Erdwärmekolle-

ktoren sind insbesondere die besonderen Anforderungen an Erdwärmesonden und -kollektoren gemäß § 35 Abs. 2 AwSV und die Anforderungen an Anlagen in Schutzgebieten gemäß § 49 Abs. 2 Nr. 4 AwSV zu beachten. § 49 Abs. 1 und 2 AwSV regeln Verbote für die Errichtung, Erweiterung und den Betrieb von Anlagen in Schutzgebieten. Ferner sind solche Anlagen auch in anderen Gebieten gemäß § 35 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 AwSV nur zulässig, wenn ihr Wärmeträgerkreislauf ständig überwacht wird und die Anlage sich bei einer Leckage automatisch abschaltet. Des Weiteren sind in § 35 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 AwSV Vorgaben bezüglich zulässiger Wärmeträgermedien getroffen, die im Wesentlichen denen in Empfehlung 24 entsprechen.

Erdwärmeanlagen in **Privathaushalten** sowie Erdwärmeanlagen der gewerblichen Wirtschaft und öffentlicher Einrichtungen, in denen Wasser oder nicht wassergefährdende Stoffe verwendet werden, unterliegen nicht der AwSV. Sie unterliegen den allgemeinen Sorgfaltspflichten gemäß § 5 WHG und müssen so eingebaut und betrieben werden, dass mit der nach den Umständen erforderlichen Sorgfalt eine nachteilige Gewässeränderung vermieden wird. Für Erdwärmeanlagen mit wassergefährdenden Stoffen im privaten Bereich kann im Einzelfall die Prüfpflicht durch die zuständige Wasserbehörde als Nebenbestimmung in einem wasserrechtlichen Bescheid festgelegt oder gemäß § 100 Abs. 1 Satz 2 WHG angeordnet werden. Sofern diese Anlagen die materiellen Anforderungen der AwSV erfüllen, sind die allgemeinen Sorgfaltspflichten des § 5 Abs. 1 WHG in jedem Fall gewahrt.

5.2 Wasserwirtschaftlich sensible Grundwassernutzungen und Standortfaktoren

Empfehlung 4

Wasserwirtschaftlich sensible Grundwassernutzungen, insbesondere die Gewinnung von Trinkwasser, haben grundsätzlich Vorrang vor einer Nutzung von Erdwärme. Sie führen zu einem Ausschluss bzw. einer Beschränkung der Erdwärmennutzung z.B. in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten.

Erläuterung:

Grundwasser bedarf – insbesondere wenn es zur Gewinnung von Trinkwasser genutzt wird – eines besonderen Schutzes vor nachteiligen Einwirkungen durch Erdwärmesonden und -kollektoren. Um bestehende oder zukünftige Nutzungsmöglichkeiten für die öffentliche Wasserversorgung, aber auch für Heilquellen- und sonstige hochwertige Trinkwassernutzungen zu erhalten oder zu schaffen, sind erhöhte Anforderungen an den Schutz des Grundwassers in folgenden Gebieten zu beachten:

a) Wasserschutzgebiete und Einzugsgebiete der öffentlichen Wasserversorgung

In Wasserschutzgebieten ist dem Schutz des Grundwassers als Trinkwasserressource grundsätzlich Vorrang vor der Nutzung der Erdwärme einzuräumen. Im Schutzgebiet gilt die jeweilige Schutzgebietsverordnung. Gemäß den Wasserschutzgebietsverordnungen sind in den Wasserschutzgebietszonen I und II die Errichtung und der Betrieb von Erdwärmesonden und -kollektoren in der Regel verboten. In Ausnahmefällen können diese in den weiteren Schutzgebietszonen in Betracht kommen, wenn die lokalen hydrogeologisch-hydraulischen Verhältnisse keine nachteilige Veränderung des Grundwassers besorgen lassen. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn Sonden oberhalb des für die Trinkwassergewinnung genutzten, durch Deckschichten geschützten Grundwasserleiters errichtet werden.

Entsprechende Vorgaben sind in den jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnungen festgelegt. Sind dort keine entsprechenden Regelungen enthalten, kann ggf. eine behördliche Entscheidung auf der Grundlage von § 52 Abs. 1 Satz 1 WHG getroffen werden.

Zu beachten sind auch die in § 49 AwSV formulierten Anforderungen an Erdwärmesonden der gewerblichen Wirtschaft und öffentlicher Einrichtungen in Schutzgebieten. Dort wird über das gene-

relle Verbot der Errichtung und des Betriebs im Fassungsbereich und in der engeren Schutzzone (§ 49 Abs. 1 AwSV) hinaus die Errichtung und die Erweiterung bestehender Erdwärmesonden in der Schutzzone III/IIIA verboten (§ 49 Abs. 2 AwSV). Von den Vorgaben der Absätze 1 und 2 kann die zuständige Wasserbehörde im Einzelfall abweichen (§ 49 Abs. 4 AwSV). Absatz 2 gilt nicht, soweit Wasserschutzgebietsverordnungen weitergehende Regelungen treffen (§ 49 Abs. 5 AwSV).

In Einzugsgebieten der öffentlichen Wasserversorgung, die nicht durch ein festgesetztes Wasserschutzgebiet gesichert sind, insbesondere in Gebieten, die als Wasserschutzgebiet vorgesehen sind, ist dem Schutz des Grundwassers als Trinkwasserressource ebenfalls grundsätzlich Vorrang vor der Nutzung der Erdwärme einzuräumen. Die Beurteilung der Erlaubnisfähigkeit einer Erdwärmennutzung sollte dabei in enger Abstimmung mit dem zuständigen Wasserversorgungsunternehmen und den für Geologie und Wasserwirtschaft zuständigen Fachdienststellen im Rahmen einer Einzelfallbetrachtung und unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse erfolgen. Hierfür sind im Einzelfall vorläufige Anordnungen oder behördliche Entscheidungen auf der Grundlage von § 52 Abs. 2 oder 3 WHG möglich.

b) *Heilquellenschutzgebiete*

Gemäß der jeweiligen Schutzgebietsverordnung sind in ausgewiesenen und geplanten Schutzgebieten staatlich anerkannter Heilquellen Erdwärmennutzungen in den Zonen I und II sowie A in der Regel nicht zulässig. Restriktionen innerhalb der übrigen Schutzzone sind in den jeweiligen Heilquellenschutzverordnungen festgelegt. Sind dort keine entsprechenden Regelungen zur Erdwärmennutzung enthalten, kann die zuständige Wasserbehörde behördliche Entscheidungen hinsichtlich der Erlaubnisfähigkeit geothermischer Anlagen auf der Grundlage von § 53 Abs. 5 WHG in Verbindung mit § 52 Abs. 1 WHG treffen.

Zu beachten sind auch die Regelungen für Erdwärmesondenanlagen der gewerblichen Wirtschaft und öffentlicher Einrichtungen, die in § 49 AwSV aufgeführt sind.

c) *Wasservorrang- und Wasservorbehaltsgebiete*

Im Einzelfall können auch in potenziell zukünftigen Trinkwassergewinnungsgebieten (raumordnerisch ausgewiesene Wasservorrang- und Wasservorbehaltsgebiete) im Interesse einer langfristigen Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung Beschränkungen der Erdwärmennutzung erforderlich sein.

d) *Sonstige sensible Grundwassernutzungen*

Im engeren Umfeld von Mineralwasserentnahmen, Grundwasserentnahmen zur Gewinnung von Trinkwasser für die Lebensmittelherstellung, Grundwasserentnahmestellen nach dem Wasserversicherungsgesetz sowie in Bereichen mit einer hohen Dichte an Hausbrunnen können ggf. ebenfalls Beschränkungen der Erdwärmennutzung erforderlich sein.

Empfehlung 5

Tiefe Grundwasservorkommen sind bei entsprechender Eignung als Trinkwasserressource oder als Wasserressource für andere höherwertige Zwecke von Erdwärmennutzungen freizuhalten.

Erläuterung:

Tiefe Grundwasservorkommen stellen bei entsprechender Qualität und Ergiebigkeit eine besonders schutzwürdige Ressource dar. Ihre Nutzung sollte daher ausschließlich der gegenwärtigen oder zukünftigen Trinkwasserversorgung oder anderen höherwertigen Zwecken (z.B. Mineralwassergewinnung) vorbehalten sein und nicht durch Erdwärmesonden, die nachteilige Grundwasseränderungen verursachen können, gefährdet werden. Hierbei wird insbesondere auf bohr- und ausbautechnische Risiken

bei der Errichtung von Erdwärmesonden verwiesen, durch die es ggf. zu einem hydraulischen Kurzschluss verschiedener Grundwasserleiter kommen kann.

Empfehlung 6

In Gebieten mit bohr- und ausbautechnisch nicht sicher beherrschbaren Untergrundverhältnissen ist dem Schutz des Grundwassers Vorrang vor der Erdwärmenutzung einzuräumen.

Erläuterung:

Geologisch-hydrogeologische Standortfaktoren, bei denen bohr- und ausbautechnische Risiken eine nachteilige Veränderung des Grundwassers zur Folge haben können, schränken die Nutzung durch Erdwärmesonden ein. Zu nennen sind insbesondere Gebiete mit einer hohen Wasserdurchlässigkeit der Gesteine (z.B. Karstgrundwasserleiter, Störungszonen) sowie Gebiete mit einem ausgeprägten, d. h. weiträumig wirksamen hydrogeologischen Stockwerksbau, der z. B. durch unterschiedliche Druckpotenziale und hydrochemische Beschaffenheit in den einzelnen Grundwasserstockwerken gekennzeichnet ist (PK Geothermie 2011). Fachliche Grundlagen und Empfehlungen für den Umgang mit diesen Standortfaktoren sind bei den jeweiligen Staatlichen Geologischen Diensten zu erfragen. Zu beachten ist auch, dass die Errichtung von Erdwärmeanlagen im Bereich von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen sowie in Altbergbaugebieten Einschränkungen unterliegt.

5.3 Planung

Empfehlung 7

Bei der Planung von Erdwärmeanlagen ist zu beachten, dass der Schutz des Grundwassers bei Errichtung und Betrieb, aber auch nach Stilllegung der Anlage dauerhaft sichergestellt sein muss.

Erläuterung:

Um den Schutz des Grundwassers zu gewährleisten, ist eine fachgerechte Planung erforderlich, die die geologisch-hydrogeologischen Standortverhältnisse und daraus resultierende Einschränkungen zugrunde zu legen hat. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die durch die geothermische Nutzung hervorgerufenen thermischen Auswirkungen zu keinen nachteiligen Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit führen dürfen. Zur langfristigen Überwachung von Erdwärmeanlagen sind dauerhafte Zugänglichkeiten und Kontrollmöglichkeiten (auch unterhalb von Bodenplatten durch die Errichtung von Kontrollschächten) einzuplanen. Die vorgesehene Nutzungsdauer einer Erdwärmeanlage kann aus wasserrechtlicher Sicht nur realisiert werden, wenn bereits bei der Planung auch die grundwasser-schutzrelevanten Qualitätsanforderungen berücksichtigt werden.

Empfehlung 8

Sofern für die Planung von Erdwärmeanlagen keine ausreichenden Informationen zur geologischen und hydrogeologischen Situation vor Ort vorhanden sind, müssen ergänzende Felderkundungen (z.B. Erkundungsbohrungen) durchgeführt werden. Für die Planung größerer Erdwärmesondenanlagen sind zur Vermeidung von Bemessungsfehlern analytische Berechnungsprogramme einzusetzen. Für die Abschätzung der thermischen Auswirkungen im Untergrund haben sich thermohydrodynamische Simulationen mit numerischen Verfahren bewährt.

Erläuterung:

Die Art und Verbreitung der Gesteine mit ihren spezifischen Eigenschaften und die Grundwasserverhältnisse am Standort bestimmen das zur Verfügung stehende geothermische Potenzial. Daher sind

stark vereinfachte, pauschalisierte Annahmen, die die standortbezogenen Untergrundverhältnisse außer Acht lassen, mit einer fachgerechten Planung nicht vereinbar. Liegen keine ausreichenden Kenntnisse hinsichtlich der Untergrundverhältnisse vor, sind sie durch ergänzende Standorterkundungen zu ermitteln. Für die Abschätzung der thermischen Auswirkung größerer geothermischer Anlagen mittels analytischer Berechnungsprogramme bzw. numerischer Simulationsverfahren dürfen keine vereinfachten, sondern nur standortspezifische Kennwerte herangezogen werden. Nur durch diese Parameter sind die komplexen Wechselwirkungen der verschiedensten Einflussfaktoren ausreichend abzubilden.

5.4 Bau

Empfehlung 9

Die Errichtung von Erdwärmesonden (Bohrung, Sondeneinbau, Verfüllung) ist nur von Bohrfirmen durchzuführen, welche die Qualifikationsanforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 120-2 erfüllen (z.B. durch Nachweis mittels Zertifikat einer akkreditierten Zertifizierungsstelle). Die Firmen müssen zudem bei jedem durchzuführendem Erdwärmeprojekt darlegen, welche Fachkräfte sie vor Ort einsetzen.

Erläuterung:

Die hohen Qualitätsanforderungen an die Bauausführung von Erdwärmesonden können nur von fachkompetenten und leistungsfähigen Unternehmen erfüllt werden. Bohrfirmen mit einer entsprechenden Zertifizierung gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 120-2 (oder gleichwertig) haben sich verpflichtet, die dort geforderten Qualitätsstandards bei der Herstellung von Erdwärmesonden, aber auch andere Vertragsleistungen wie z. B. die Erstellung der Anlagendokumentation, einzuhalten.

Unsachgemäßes Arbeiten bzw. Verstöße gegen die Verpflichtungen des DVGW-Arbeitsblatts W 120-2 sollen an das Beschwerdemanagement der Zertifizierungsstellen gemeldet werden, so dass ggf. zusätzliche Überprüfungen des Zertifikates durchgeführt werden können.

Erdwärmesondenanlagen, die der AwSV unterliegen, dürfen gemäß § 45 Abs. 1 Nr. 1 AwSV nur von Fachbetrieben nach § 62 AwSV errichtet, instandgesetzt und stillgelegt werden; ggf. sind Ausnahmen nach § 16 Abs. 3 AwSV möglich.

Empfehlung 10

Die Errichtung von Erdwärmekollektoranlagen ist nur von erfahrenen Fachfirmen (z.B. aus den Bereichen Rohrverlegung, Sanitär-Heizung-Klima) durchzuführen.

Erläuterung:

Für die Verlegung von Rohrleitungen im Erdreich einschließlich der Materialwahl und der Verbindungstechnik sind Fachkenntnisse erforderlich. Deshalb ist die Errichtung von Erdwärmekollektoren Fachfirmen zu übertragen, die über entsprechende Erfahrungen verfügen und diese möglichst durch Referenzen belegen können. Die fachgerechte Errichtung von Erdwärmekollektoranlagen setzt ferner die Beachtung technischer Regeln zu Erdbau und Verlegetechnik, wie sie z.B. in der VDI 4640-2 (Gründruck) beschrieben werden, voraus.

Erdwärmekollektoranlagen, die der AwSV unterliegen, dürfen gemäß § 45 Abs. 1 Nr. 1 AwSV als unterirdische Anlagen nur von Fachbetrieben nach § 62 AwSV errichtet, instandgesetzt und stillgelegt werden; ggf. sind Ausnahmen nach § 16 Abs. 3 AwSV möglich.

Empfehlung 11

Beim Abteufen von Erdwärmesondenbohrungen sind die angetroffenen geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse zu dokumentieren. Die Bohrfirma hat qualifizierte DIN-konforme

Schichtenverzeichnisse zu erstellen, die durch die verantwortliche Fachaufsicht (siehe DVGW W 120-2) sowie ggf. bei Bohrverfahren mit einer eingeschränkten Aussagefähigkeit durch bohrlochgeophysikalische Messungen gemäß DVGW W 110 zu verifizieren sind. Auf Verlangen sind die ermittelten Untergrunddaten vor Einbau der Sonden an die zuständige Wasserbehörde zu übermitteln.

Erläuterung:

Die detaillierte Kenntnis der geologischen und hydrogeologischen Standortverhältnisse ist Voraussetzung für das rechtzeitige Erkennen von geotechnischen Risiken beim Bau von Erdwärmesondenanlagen. Zudem bestimmen Art und Verbreitung der Gesteine sowie die Grundwasserhältnisse am Standort das zur Verfügung stehende geothermische Potenzial (siehe Empfehlung 8).

Die bei der Bohrung angetroffene Schichtenfolge ist durch eine sorgfältige Probenahme (Beprobung gemäß DIN EN ISO 22475-1) Aufnahme der Schichtenfolge (gemäß DIN EN ISO 14688-1, DIN EN ISO 14668-2 und DIN EN ISO 14689-1), deren Darstellung (gemäß DIN 4023) sowie durch eine geologische Gliederung des Bohrprofils zu dokumentieren. Die angetroffenen Grundwasserhältnisse sind ebenfalls zu dokumentieren und zu werten. Die gemessenen Grundwasserstände sind in die Darstellung der Schichtenfolge einzutragen.

Werden Bohrverfahren mit eingeschränkter Aussagefähigkeit hinsichtlich der Bohrgutansprache eingesetzt, wird durch bohrlochphysikalische Messungen gemäß DVGW W 110 die qualifizierte Beschreibung der Schichten abgesichert und damit eine fachgerechte Anlagenerrichtung sichergestellt. Dies ist insbesondere in hydrogeologisch sensiblen Gebieten eine sinnvolle Ergänzung.

Empfehlung 12

Während der Errichtung von Erdwärmeeinrichtungen sollen Vor-Ort-Kontrollen durch die zuständige Wasserbehörde erfolgen. Externe unabhängige Sachverständige können die zuständige Wasserbehörde bei dieser Aufgabe unterstützen.

Erläuterung:

Kontrollen der Bauausführung vor Ort insbesondere durch behördliche Vertreter sind von grundlegender Bedeutung für die Überwachung der Einhaltung wasserbehördlicher Vorgaben. Vor allem in der Errichtungsphase von Erdwärmesondenanlagen können irreparable Schäden entstehen, die sich langfristig nachteilig auf das Grundwasser auswirken können. Zur Gewährleistung der erforderlichen Qualität der Bauausführung ist eine Überprüfung vor Ort (Vier-Augen-Prinzip) eine sinnvolle Ergänzung zu der nachgewiesenen Fachkunde der ausführenden Firma. Die Überprüfung vor Ort sollte von der zuständigen Wasserbehörde selbst oder durch einen unabhängigen, behördlich anerkannten Sachverständigen bzw. einem von Wasserbehörde und Antragsteller gemeinsam ausgewählten Sachverständigen durchgeführt werden.

Empfehlung 13

Sollen in der Betriebsphase wassergefährdende Stoffe als Wärmeträger eingesetzt werden, sind PE-HD-Werkstoffe mit nachweislich höherer Spannungsrisssbeständigkeit und Punktlastbeständigkeit (z.B. PE-X oder PE 100-RC) oder mindestens gleichwertige Werkstoffe einzubauen. Bei Kunststoffrohren ist ein Werkstoff mit SDR 11 oder niedriger zu verwenden. Bei Erdwärmeeinrichtungen mit Wärmeeintrag oder Erdwärmesonden mit Tiefen über 100 m ist die Eignung der Rohre bezüglich des maximal zulässigen Druckes nachzuweisen. Für Wärmerohre oder Erdwärmekollektoren mit Direktverdampfersystem sind Kupferrohre in Kältequalität, Edelstahlrohre oder gleichwertige Materialien mit nachweislich dichten Verbindungen zu verwenden.

Erläuterung:

Die Rohre müssen vom Hersteller für die Verwendung als Erdwärmesonde oder -kollektor vorgesehen und entsprechend gekennzeichnet sein. Hierdurch kann an der Baustelle geprüft werden, dass werksgefertigte Rohrsysteme eingebaut werden. Sondenfuß und -rohre müssen werksgeschweißt sein. Für unterirdische einwandige Systeme sind an die verwendeten Werkstoffe Anforderungen zu formulieren, die einen höheren Widerstand z.B. gegenüber Punktlasten aufweisen, da Sondenrohre an der Bohrlochwand anliegen können und somit entsprechenden Punktlasten ausgesetzt sind. Für Erdwärmesonden und -kollektoren aus Kunststoff (z.B. PE-Rohre) sind Rohre mit einem Verhältnis von Außendurchmesser zu Wandstärke (SDR) von maximal 11 zu verwenden, um die Gefahr eines Versagens des Kunststoffrohres durch Beschädigungen während des Einbaus zu minimieren.

Bei Anlagen mit Wärmeeintrag oder Sonden mit Tiefen über 100 m ist bei Verwendung von wassergefährdenden Stoffen als Wärmeträgermedium bei der Berechnung des zulässigen Betriebsdrucks ein Sicherheitsfaktor von mindestens 1,6 einzuhalten. Dies ist bei Verwendung wassergefährdender Stoffe ein üblicher Sicherheitsfaktor. Der zulässige Betriebsdruck für die Rohre ergibt sich aus Werkstoffkennwerten und dem Sicherheitsfaktor. Dabei ist die Abhängigkeit von der Temperaturbeanspruchung zu beachten.

Bei Direktverdampferanlagen oder Wärmerohrsystemen aus Metallrohren (Kupfer, Edelstahl etc.) können dichte Verbindungen über Schweißprotokolle belegt werden.

Empfehlung 14

Im Erdreich sind unlösbare Rohrverbindungen zu verwenden. Sollten lösbare Rohrverbindungen oder Armaturen notwendig sein, sind diese in flüssigkeitsundurchlässigen Kontrollschächten anzuordnen und regelmäßig zu kontrollieren.

Erläuterung

In der Regel sind unlösbare Verbindungen in Erdwärmeanlagen vorgesehen. Bei Anschlüssen z.B. an Verteilern werden häufig Verschraubungen benötigt. Diese müssen in flüssigkeitsundurchlässigen Kontrollschächten angeordnet sein, um Undichtheiten und austretende wassergefährdende Stoffe schnell und zuverlässig erkennbar zu machen und Leckagen zurückzuhalten.

Bei Anlagen, die der AwSV unterliegen, sind hierzu auch die besonderen Anforderungen an die Rückhaltung bei Rohrleitungen gemäß § 21 Abs. 2 Satz 1 AwSV zu beachten.

Empfehlung 15

In hydrogeologisch sensiblen Gebieten, insbesondere in Gebieten mit ausgeprägtem hydrogeologischem Stockwerksbau, sollte für die Ringraumverfüllung von Erdwärmesonden dotiertes Verfüllmaterial eingesetzt werden. In allen anderen Gebieten kann der Einsatz ebenfalls angebracht sein.

Erläuterung

Die Ringraumverfüllung ist aus wasserwirtschaftlicher Sicht einer der bedeutendsten Arbeitsschritte bei der Erstellung der Erdwärmesonde. Durch eine fehlerhafte Ringraumverfüllung können z.B. unerwünschte Wasserwegsamkeiten geschaffen werden. Nur mit einer vollständigen Verfüllung des Ringraumes ist ein Anschluss an das umgebende Gestein gegeben, so dass eine zuverlässige hydraulische Abdichtung und Wiederherstellung der ursprünglichen Systemdurchlässigkeit sowie ein optimaler Wärmeübergang möglich sind.

Eine der Hauptursachen von bekannten Schadensfällen im Zusammenhang mit Erdwärmesonden in Deutschland ist die nicht fachgerechte Abdichtung zwischen unterschiedlichen Grundwasserleitern (Grimm et al., 2014).

Der Einsatz von dotiertem Verfüllmaterial ermöglicht eine bessere Kontrolle der Ringraumverfüllungen. Aus heutiger Sicht ist bei Verwendung von dotiertem Material (z.B. magnetisch dotiertes Material) eine vergleichsweise einfache und direkte geophysikalische Messung des Verfüllmaterials im Bohrloch über eine Sondierung in den Sondenrohren möglich. Es können Kontrollmessungen durchgeführt werden, die sowohl der Bohrfirma, dem Bauherren und den zuständigen Wasserbehörden wichtige Informationen über die Qualität der Ringraumverfüllung geben. Des Weiteren erlaubt der Einsatz von dotiertem Verfüllmaterial eine digital protokollierte Abdichtungsüberwachung während des Verfüllvorganges (LQS 2015).

Die Ausführungen zeigen, dass der Einsatz von dotiertem Verfüllmaterial überaus sinnvoll ist, insbesondere in hydrogeologisch sensiblen Gebieten, aber auch in Gebieten mit wasserwirtschaftlich sensiblen Grundwassernutzungen (siehe Empfehlung 4) und anderen Gebieten, in denen zu Beweis- und Überwachungszwecken eine höhere Sicherheit gefordert wird.

Empfehlung 16

Es soll eine hydraulische Systemdurchlässigkeit von 1×10^{-9} m/s im Gesamtsystem Erdwärmesonde erreicht werden. Dafür muss der Verfüllbaustoff eine hydraulische Durchlässigkeit von $\leq 1 \times 10^{-10}$ m/s aufweisen.

Erläuterung:

Durch die Bohrung können unerwünschte Wasserwegsamkeiten im Untergrund geschaffen werden, die nachteilige Auswirkungen auf das Grundwasser zur Folge haben können. Um diese Wegsamkeiten entlang der Bohrung und der Erdwärmesonde zu verhindern, ist ein Verfüllbaustoff mit einer hydraulischen Durchlässigkeit von $\leq 1 \times 10^{-10}$ einzusetzen. Nur dann kann davon ausgegangen werden, dass eine möglichst geringe hydraulische Durchlässigkeit des Gesamtsystems Erdwärmesonde erreicht werden kann. Das System Erdwärmesonde umfasst den durch die Bohrung veränderten Bereich des umgebenden Gesteins, die Bohrlochwand, alle Einbauten, die Verfüllbaustoffe und ihre Kontaktflächen.

Von den Staatlichen Geologischen Diensten (PK Systemdurchlässigkeit 2015) wird für die hydraulische Durchlässigkeit des Systems Erdwärmesonde empfohlen, dass „die vertikale Durchlässigkeit des Systems Erdwärmesonde zu keinem Zeitpunkt und in keiner Tiefenlage größer als die vertikale Durchlässigkeit des umgebenden Untergrundes vor Durchführung und Ausbau der EWS-Bohrung sein sollte; jedoch wird eine Durchlässigkeit des Systems Erdwärmesonde von geringer als 1×10^{-9} m/s als nicht erforderlich erachtet. Wenn eine tiefenangepasste Abdichtung von EWS-Bohrungen nicht möglich ist, ist die minimale vertikale Durchlässigkeit der für den Standort relevanten Schichten (z. B. ein Grundwasserstauer) maßgebend. Liegen keine verlässlichen Informationen zu der minimalen vertikalen Durchlässigkeit der erschlossenen Schichtenfolge vor, sollte eine einzuhaltende Systemdurchlässigkeit von 1×10^{-9} m/s gefordert werden.“

Gemäß neuerer Forschungsberichte (Reuß et al., 2012; Anbergen 2014) beträgt der Unterschied zwischen der Material- und der Systemdurchlässigkeit i.d.R. zwei Zehnerpotenzen. Maßgeblich verantwortlich ist hierfür der Ringspalt zwischen Sondenrohr und Verfüllbaustoff. Er verursacht gegenüber dem reinen Verfüllbaustoff eine Erhöhung der Systemdurchlässigkeit. Dieser Effekt kann durch die Verwendung von Sonden mit aufgerauter Rohroberfläche, die einen besseren Kontakt zwischen Sondenrohr und Verfüllbaustoff ermöglichen, gemindert werden.

Empfehlung 17

Für jede Erdwärmesonde sind auf der Baustelle Dichte, Marshzahl, Suspensionstemperatur, Ergebnis des Siebtests und Absetzmaß des angemischten werkseitig gelieferten Verfüllbaustoffs direkt zu Beginn der Verfüllarbeiten zu kontrollieren und zu dokumentieren. Die vorherrschende Lufttemperatur ist ebenfalls zu erfassen. Die Plausibilität ist mit den unter Empfehlung 18 genannten Mischprotokollen zu verifizieren. Zum Abschluss der Verfüllung sollte beim Austritt aus dem Bohrloch die Dichte des Verfüllmaterials erneut kontrolliert werden.

Erläuterung:

Zur Sicherstellung einer gleichbleibend hohen Qualität des Verfüllmaterials sind auf der Baustelle die maßgeblichen Suspensionsparameter zu ermitteln. Das Absetzmaß ist der wichtigste Parameter; nur anhand des Absetzmaßes sind Rückschlüsse auf die Verfüllqualität bisher nachgewiesen. Die Dichte, die Temperatur, die Marshzahl und ein Siebtest ohne Rückstände auf dem Sieb sind weitere relevante Parameter zur Verifizierung, dass der Verfüllbaustoff richtig angemischt wurde. Das Absetzmaß nach 3 Stunden muss das Qualitätskriterium von max. 2 % erfüllen (vgl. VDI 4640-2 (Gründruck)). Es muss sichergestellt sein, dass das geforderte Absetzmaß in der Kombination aus verwendetem Mischer und Verfüllbaustoff erreicht wird (siehe Empfehlung 18).

Um einen Verfüllvorgang beginnen zu können, sind für die Anmischung Marshzahl, Suspensionstemperatur und Dichte zu bestimmen. Diese Parameter sind einfach und schnell zu ermitteln. Die auf der Baustelle ermittelten Daten müssen in dem vom Baustoffhersteller angegebenen Wertebereich liegen. Parallel ist das Absetzmaß zu bestimmen. Da das Ergebnis der Absetzmaß-Bestimmung jedoch erst nach drei Stunden ermittelt werden kann, muss es nicht bereits zum Start des Verfüllvorgangs vorliegen. Es dient vielmehr der Dokumentation. Weiterhin kann das Absetzmaß, welches an einer ersten Bohrung eines Vorhabens ermittelt wurde, für nachfolgende Verfüllungen als Eingangsparameter herangezogen werden. Bei Verwendung von Durchlauf-Mischern sollte die Kontrolle zu Beginn und Ende jeder Bohrlochverfüllung erfolgen. Bei Chargen-Mischern ist das Absetzmaß arbeitstäglich zu kontrollieren.

Die vorherrschende Lufttemperatur ist als ergänzender Parameter ebenfalls zu erfassen, da sich insbesondere Materialeigenschaften mit der Temperatur ändern können (siehe Empfehlung 18).

Sollte das Absetzmaß dem o.g. Kriterium nicht genügen, ist unverzüglich mit der zuständigen Wasserbehörde das weitere Vorgehen abzustimmen sowie die Ursache zu ermitteln und zu beheben.

Der Abschluss der Verfüllung ist erreicht, wenn die Dichte des Verfüllmaterials beim Austritt aus dem Bohrloch der Dichte des eingebrachten Materials entspricht.

Empfehlung 18

Die fachgerechte Anmischung des Verfüllbaustoffs ist durch ein Mischprotokoll nachzuweisen (siehe Anhang 1). Im Mischprotokoll ist die Kombination aus verwendetem Mischer und Verfüllbaustoff zu dokumentieren.

Erläuterung:

Die Qualität des eingebauten Verfüllbaustoffs wird maßgeblich durch die Herstellung der Suspension bei der Mischung auf der Baustelle beeinflusst; dabei spielt die Anmischtechnik eine entscheidende Rolle. Als bestimmendes Maß für die Qualität ist immer das Absetzmaß von max. 2% einzuhalten (vgl. VDI 4640-2 (Gründruck)). Zur Optimierung des Bauablaufes ist eine Prüfung im Vorfeld mit der Kombination Mischtechnik und Verfüllbaustoff durchzuführen, die im Mischprotokoll zu dokumentieren ist. Dieses Protokoll ist der zuständigen Wasserbehörde jeweils für den zu verwendeten Verfüllbaustoff in

Kombination mit dem Mischertyp vorzulegen. Die Bestimmung der Dichte, der Marshzahl, des Absetzmaßes und der Temperatur im Vorfeld und auf der Baustelle soll gewährleisten, dass vergleichbare Bedingungen für die Anmischung gegeben sind. Die Mischprotokolle sollten mindestens jährlich erneuert werden. Hierzu kann auch eine korrekt nachgewiesene Mischung auf einer Baustelle dienen.

Die Untersuchungen im Forschungsvorhaben EWS-Tech aus dem Jahr 2016 (Solites et al., 2016) haben gezeigt, dass die Dichtebestimmung unabhängig von der Temperatur ist. Die Marshzahl hingegen ist bei 10 °C etwas höher als bei Raumtemperatur. Deshalb sollten die Misch-Ansätze auch bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt und im Mischprotokoll dokumentiert werden (z.B. bei 20 °C, 10 °C und 5 °C). Auch das Absetzmaß zeigt Temperaturabhängigkeiten. Die Misch-Ansätze sollen den Bohrunternehmen die korrekte Anmischung bei verschiedenen Temperaturen anzeigen, um immer ein Absetzmaß von max. 2% einhalten zu können.

Empfehlung 19

Die Inbetriebnahme einer Erdwärmeanlage darf erst erfolgen, wenn ihre bescheidkonforme Errichtung durch eine wasserwirtschaftliche Bauabnahme oder eine Dokumentation nachgewiesen wurde. Anlagen, die der AwSV unterliegen, dürfen erst nach Überprüfung durch einen AwSV-Sachverständigen in Betrieb genommen werden.

Erläuterung:

Die Bauabnahme ermöglicht der zuständigen Wasserbehörde, die ordnungsgemäße Errichtung der Anlage gemäß den wasserwirtschaftlichen Anforderungen festzustellen bzw. anhand einer aussagefähigen Dokumentation (siehe Anhang 2) nachzuvollziehen. Erst nach diesem Prüfschritt sind die Voraussetzungen für die Inbetriebnahme der Anlage gegeben. Für Anlagen, die der AwSV unterliegen, greift als unterirdische Anlagen für flüssige wassergefährdende Stoffe gemäß § 46 in Verbindung mit Anlage 5 oder 6 AwSV die Prüfpflicht. Sie dürfen nur nach Überprüfung durch einen AwSV-Sachverständigen in Betrieb genommen werden.

5.5 Betrieb

Empfehlung 20

Erdwärmesonden müssen so ausgelegt und betrieben werden, dass ein Gefrieren ("Frost-Tau-Wechsel") des Untergrundes und der Verfüllung (gegeben bei Temperaturen kleiner 0 °C) ausgeschlossen ist. Dies kann durch eine minimal zulässige Temperatur des Wärmeträgermittels von 0 °C sichergestellt werden. Abweichend davon kann bei kleineren Erdwärmesondenanlagen zur Wärmegewinnung eine geringfügig niedrigere Temperatur des Wärmeträgermittels am Ausgang der Wärmepumpe in Richtung Erdwärmesonde toleriert werden. Eine Einhaltung der wasserrechtlich zugelassenen Temperatur ist bei allen Anlagen durch einen Temperaturwächter sicherzustellen.

Erläuterung:

Um sicherzustellen, dass durch den Wärmeentzug weder an den Verfüllmaterialien noch an der Bohrlochwand oder im Kontaktgestein Beschädigungen und damit verbunden unerwünschte Wasserwegsamkeiten entstehen können, muss die Temperatur des Wärmeträgermediums so begrenzt werden, dass an der Sondenaußenwand an keiner Stelle Frost entsteht (Kübert et al., 2014). Dabei muss berücksichtigt werden, dass durch die physikalischen Eigenschaften des PE-Sondenrohres die Temperaturdifferenz von der Rohrrinnen- zur Rohraußenwand bis zu 2 K betragen kann und das Wärmeträgermedium in der Leitung zwischen Wärmepumpe und Sonden bereits erwärmt wird.

Aktuell wird für kleinere Anlagen als minimal zulässige Temperatur in vielen Bundesländern -3 °C als Grenzwert für das Wärmeträgermedium am Ausgang der Wärmepumpe vorgegeben. Dieser Grenzwert

beruht auf nichtveröffentlichten Modellierungsergebnissen. Neue Forschungsergebnisse zeigen, dass bereits bei Wärmeträgermedium-Temperaturen von -2 °C Frosterscheinungen im umgebenden Verfüllmaterial der Sondenrohre entstehen (Gianelli et al., 2017). Zur Verifizierung dieser Ergebnisse werden derzeit weiterführende Untersuchungen (Feldversuche im größeren Maßstab) im Auftrag des Landes Baden-Württemberg durchgeführt.

Zudem muss davon ausgegangen werden, dass sich die Sondenrohre nach der Verfüllung des Ringraums nicht zentrisch im Bohrloch befinden, sondern teilweise an der Bohrlochwand und daher am Gestein anliegen können. Da in einigen Gesteinsformationen durch Frost-Tau-Wechsel Gefüge- und Strukturänderungen verursacht werden, besteht die Gefahr, dass hydraulische Wasserwegsamkeiten entstehen können. Ein Nachweis der Frost-Tauwechsel-Beständigkeit von Verfüllbaustoffen kann deshalb nicht auf das System Erdwärmesonde übertragen werden.

Empfehlung 21

Die Veränderung der durch Erdwärmennutzung beeinflussten Grundwassertemperaturen soll grundsätzlich so gering wie möglich sein. Eine Veränderung von maximal ± 6 K zur ungestörten Untergrundtemperatur darf nicht überschritten werden. Zudem dürfen die Grundwassertemperaturen 4 °C nicht unterschreiten und 20 °C nicht überschreiten. Diese Grenzwerte können bei größeren Anlagen i.d.R. nur durch einen thermisch weitgehend ausgeglichenen Betrieb gewährleistet werden. Bei besonderen Standortverhältnissen (z.B. Altlastenstandorten) oder in städtischen Verdichtungsräumen sollten die tolerierbaren Temperaturveränderungen einzelfallbezogen festgelegt werden.

Erläuterung:

Eine Festlegung der Temperaturspreizung von maximal ± 6 K ist erforderlich, um signifikante Veränderungen der Ökosystemfunktionen und der Zusammensetzung der Biozönosen im Grundwasser zu verhindern (Brielmann et al., 2011; Griebler et al., 2015).

Zudem ist eine Begrenzung der zulässigen Temperaturen auf minimal 4 °C und maximal 20 °C erforderlich, um signifikante Auswirkungen geothermischer Nutzungen auf die Grundwasserbeschaffenheit zu vermeiden.

Eine Abkühlung des Grundwassers auf Temperaturen unter 4 °C bis oberhalb des Gefrierpunktes von Wasser und eine Erwärmung des Grundwassers auf Temperaturen über 20 °C ist nur tolerierbar, solange sie kleinräumig oder kurzzeitig (höchstens wenige Tage) bleibt und i.d.R. ein thermisch weitgehend ausgeglichener Betrieb eingehalten wird. Bei größeren Anlagen ist hierzu eine Überwachung der Grundwassertemperaturen in Grundwassermessstellen anzuraten (siehe Empfehlung 23).

Bei kleineren Anlagen zur Wärmeerzeugung ist die Reichweite einer Temperaturabsenkung unter 4 °C i.d.R. kleinräumig, d.h. auf wenige Dezimeter um die Erdwärmesondenbohrung beschränkt (Eggeling & Schneider 2018). Es ist davon auszugehen, dass die Beeinträchtigung der Grundwasserbeschaffenheit unter diesen Voraussetzungen gering ist. Bei größeren Anlagen sollte die thermische Entwicklung im Untergrund mit geeigneten Simulationsrechnungen prognostiziert werden, um eine kleinräumige Ausdehnung und eine nur kurzzeitige Temperaturabsenkung unter 4 °C zu belegen.

Bei einer Erwärmung des Grundwassers über eine Temperatur von 20 °C hinaus sollte durch einen thermisch weitgehend ausgeglichenen Betrieb sichergestellt werden, dass die Überschreitung dieses Temperaturwertes kleinräumig und kurzzeitig bleibt.

Bei besonderen Standortverhältnissen wie z.B. im Umfeld von Altlasten oder natürlich vorbelasteten Grundwasserleitern sollte belegt werden, dass die Funktionsfähigkeit (natürliche „Reinigungsfähigkeit“) des Untergrundes nicht maßgeblich durch die Erdwärmennutzung beeinträchtigt wird. Die jeweils tolerierbare Temperaturveränderung ist einzelfallbezogen festzulegen.

Die im Auftrag des UBA erstellte Studie von Griebler et al. (2015) sowie weiterführende aktuelle Forschungen weisen darauf hin, dass die Grundwasserfauna insbesondere auf Temperaturerhöhungen besonders empfindlich reagiert. Daraus kann sich ergeben, dass die in der Empfehlung genannten Temperaturgrenzen zukünftig mit ökologischen Bewertungsansätzen anzupassen sind.

Empfehlung 22

Die Einhaltung der festgelegten Nebenbestimmungen des wasserrechtlichen Erlaubnisbescheides für die Betriebsphase von Erdwärmeanlagen ist regelmäßig zu überprüfen.

Erläuterung:

Die wasserrechtliche Erlaubnis zum Betrieb einer Erdwärmeanlage wird i.d.R. mit Nebenbestimmungen versehen. U.a. ist der Anlagenbetreiber demnach verpflichtet, der zuständigen Wasserbehörde Betriebsstörungen oder sonstige Auffälligkeiten unverzüglich mitzuteilen. Um unabhängig davon vom zulässigen Betrieb abweichende Entwicklungen rechtzeitig zu erkennen und entsprechende Gegenmaßnahmen einleiten zu können, ist eine wiederkehrende Kontrolle von Erdwärmeanlagen erforderlich. Bei der Überwachung soll neben einer visuellen und technischen Funktionskontrolle der Sicherheitseinrichtungen (z. B. Druckausdehnungsgefäß, Druckwächter, Manometer, Ventile, Verplombung) auch der Betrieb innerhalb der genehmigten Temperaturgrenzen (z.B. Nachweis durch ein Betriebstagebuch) überprüft werden. Durch die Kontrolle der Sicherheitseinrichtungen können Defekte und Undichtigkeiten, die insbesondere aufgrund der Materialalterung im Lauf der Betriebszeit möglich sind, erkannt und rechtzeitig entsprechende Maßnahmen vorgenommen werden.

Anlagen, die der AwSV unterliegen, sind als unterirdische Anlagen zum Umgang mit flüssigen wassergefährdenden Stoffen gemäß § 46 AwSV wiederkehrend prüfpflichtig. Die Prüfungen sind gemäß Anlage 5 bzw. 6 AwSV alle 5 Jahre (außerhalb von Schutz- und Überschwemmungsgebieten) bzw. alle 2,5 Jahre (innerhalb von Schutz- und Überschwemmungsgebieten) durchführen zu lassen.

Empfehlung 23

Größere Erdwärmesondenanlagen (> 30 kW) sind vom Anlagenbetreiber zur Beweissicherung durch ein Monitoring-Programm zu überwachen. Mindestens ab einer Anlagengröße von 100 kW sind dabei nicht nur Anlagendaten, sondern auch Daten aus der Grundwasserbeobachtung in projektspezifischen Grundwassermessstellen einzubeziehen.

Erläuterung:

Die in der Planungsphase einer Erdwärmeanlage verwendeten Eingangsgrößen (Temperaturverhalten, benötigte Wärmemengen) sind z. T. abgeschätzte Größen. Um den tatsächlichen Anlagenbetrieb im Vergleich zum geplanten und erlaubten Anlagenbetrieb bewerten und nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit rechtzeitig erkennen zu können, müssen größere Erdwärmeanlagen mit einem Monitoring-Programm beauftragt werden. Das Monitoring sollte mindestens folgende Parameter beinhalten: Vor- und Rücklauftemperaturen des Wärmeträgermittels, Luftaußentemperatur sowie die dem Untergrund entnommene/zugeführte Wärmemenge. Der Umfang des Monitorings ist von den örtlichen Gegebenheiten, insbesondere der Leistungsfähigkeit und der Nutzung des Grundwasserleiters abhängig. Ab einer Anlagengröße von 100 kW ist auch ein Monitoring des Grundwassers (i. W. Temperatur-Monitoring) erforderlich.

Der Erlaubnisinhaber hat regelmäßig Monitoring-Berichte zu erstellen und diese der zuständigen Wasserbehörde zur Kontrolle vorzulegen.

Empfehlung 24

Bei der Nutzung von Erdwärme dürfen als Wärmeträgermedien Wasser oder nicht wassergefährdende Stoffe verwendet werden (siehe Anhang 3: Tabelle 1). Ist der Einsatz von Wasser oder nicht wassergefährdenden Stoffen nicht möglich, dürfen nur Wärmeträgermedien aus der Positivliste der LAWA (siehe Anhang 3 Tabelle 2¹) verwendet werden. Dabei sind Wärmeträgermedien ohne Additive gegenüber Wärmeträgermedien mit Additiven zu bevorzugen. Bei Erdwärmeeinrichtungen der gewerblichen Wirtschaft oder öffentlicher Einrichtungen sind die Vorgaben der AwSV zu beachten (siehe Empfehlung 3).

Erläuterung:

Bei Wärmeträgermedien auf Glykol-Basis wird aufgrund des hohen Organikgehaltes bei möglichen Leckagen eine starke Sauerstoffzehrung im Grundwasser und als Folge ggf. eine Mobilisierung insbesondere von Schwermetallen verursacht. Daher ist aus Sicht des vorsorgenden Grundwasserschutzes der Verwendung von Wasser oder nicht wassergefährdenden Stoffen als Wärmeträgermedien der Vorrang zu geben.

In Wasserschutz- und Einzugsgebieten der öffentlichen Wasserversorgung, Heilquellenschutzgebieten sowie vergleichbaren wasserwirtschaftlich sensiblen Grundwassernutzungen (siehe Empfehlung 4) dürfen ausschließlich Wasser oder nicht wassergefährdende Wärmeträgermedien in Erdwärmesondenanlagen und in Erdwärmekollektoren zusätzlich nur Wärmeträgermedien der LAWA-Positivliste ohne Additive verwendet werden, wenn sich die Erdwärmeeinrichtung im selben Grundwasserleiter wie die Wassergewinnung befindet.

In sonstigen Gebieten können als Wärmeträgermedien wässrige Lösungen der Wassergefährdungskategorie (WGK) 1 auf der Grundlage der Stoffe Ethylenglykol (Ethandiol) oder Propylenglykol (1,2-Propandiol) verwendet werden. Wärmeträgermedien auf Grundlage anderer Hauptkomponenten als Ethylen- bzw. Propylenglykol (z.B. einwertige Alkohole) sind zulässig, wenn sie hinsichtlich des Wassergefährdungspotenzials diesbezüglich vergleichbar sind (i.d.R. kann man bei Stoffen, die nach der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (VwVwS) vom 17.05.1999 (BAnz Nr. 98a) wie Ethylen- und Propylenglykol als im allgemeinen nicht wassergefährdend eingestuft waren, davon ausgehen). Um das Gefährdungspotenzial so gering wie möglich zu halten, dürfen die Wärmeträgermedien Additive der WGK 1 nur mit weniger als 3 Massen-% enthalten. Additive der WGK 2 und 3 dagegen dürfen auch unterhalb der Berücksichtigungsgrenze von 0,2 Massen-% nicht zugesetzt sein. Wärmeträgermedien, die diesen Kriterien insgesamt entsprechen, können in die Positivliste der LAWA aufgenommen werden.

In Versuchen (Thiem et al., 2012) wurde gezeigt, dass z.B. die Toxizität von Ethylen- bzw. Propylenglykol mit Additiven gegenüber entsprechenden Wärmeträgermedien ohne Additive sowohl im Leuchtbakterien- als auch im Fischeitest deutlich erhöht ist. Untersuchungen mit Grundwasserorganismen liegen nicht vor. Bezüglich der Abbaubarkeit sind insbesondere die Triazole mit Abbaugraden von 2% bis maximal 27% auffällig und als persistent einzustufen. Deshalb sind Wärmepumpen, die mit Wärmeträgermedien ohne Additive arbeiten, zu bevorzugen. Die verwendeten Materialien in der Wärmepumpe müssen für die Wärmeträgermedien geeignet sein. Hierzu sind Angaben des Herstellers zu beachten.

Zulässige Wärmeträgermedien (Positivliste) nach den hier beschriebenen Kriterien sind unter dem nachfolgenden Link abrufbar: <http://www.lawa.de/Publikationen-Veroeffentlichungen-nach-Sachgebieten-Wasserversorgung,-Abwasserentsorgung,-Wassergefaehrung.html>.

¹ In der Endfassung: Tabelle 2 ersetzt durch Link auf die dann aktualisierte Tabelle der LAWA

Die Verwendung von gasförmigen wassergefährdenden Stoffen, wie z.B. voll- oder teilhalogenierten Fluorkohlenwasserstoffen (FKW bzw. HFKW), in Direktverdampferanlagen und Wärmerohren ist nicht zulässig. Diese Stoffe kommen natürlicherweise im Grundwasser nicht vor und sind dort schwer abbaubar. Darüber hinaus sind sie schwerer als Luft, können ins Grundwasser übergehen und dort verbleiben.

Empfehlung 25

In Wärmepumpen sind nur biologisch abbaubare Kältemaschinenöle zulässig, die als nicht wassergefährdend oder maximal in Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft sind.

Erläuterung:

Bei möglichen Leckagen im Kältemittelkreislauf können Öle in den Wärmeträgermittelkreislauf übertreten und somit auch eine Gefährdung für das Grundwasser bewirken. Bei Direktverdampferanlagen können im Fall einer Leckage Öle direkt in die Umwelt gelangen (vgl. DIN 8901 Nr. 3.1).

Empfehlung 26

Alle unterirdischen einwandigen Bestandteile von Erdwärmeanlagen mit Wärmeträgermedien, welche wassergefährdende Stoffe enthalten, sind durch eine selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtung zu sichern. Im Fall einer Leckage des Wärmeträgerkreislaufs muss sich die Umwälzpumpe der Anlage sofort automatisch abschalten und ein Alarmsignal auslösen.

Erläuterung

Um dem in § 48 Abs. 2 WHG formulierten Besorgnisgrundsatz zu genügen und die allgemeine Sorgfaltspflicht in § 5 Abs. 1 WHG zu erfüllen, müssen Undichtigkeiten der Erdwärmeanlagen und das Austreten wassergefährdender Stoffe schnell und zuverlässig erkennbar sein. Deshalb sind Erdwärmesonden- bzw. Erdwärmekollektoranlagen, welche wassergefährdende Stoffe in einwandigen unterirdischen Anlagenteilen führen, gemäß § 35 Abs. 2 Nr. 2 AwSV durch Leckageerkennungssysteme zu überwachen. Für Anlagen, die der AwSV unterliegen, gelten unmittelbar die Anforderungen des § 35 Abs. 2 Nr. 2 AwSV. Für Anlagen im privaten Bereich greifen die Anforderungen mittelbar über § 5 WHG.

5.6 Stilllegung und Rückbau

Empfehlung 27

Die vorübergehende Außerbetriebnahme oder endgültige Stilllegung einer Erdwärmeanlage ist in Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde vorzunehmen. Das Wärmeträgermedium muss mit Trinkwasser vollständig aus den Erdwärmesonden bzw. -kollektoren ausgespült und nachweislich fachgerecht entsorgt werden. Im Untergrund verbleibende und auf diese Weise gereinigte Rohre der Erdwärmeanlage sind vollständig mit Trinkwasser zu füllen und dicht zu verschließen. Die genaue Lage der Erdwärmesonden auf dem Grundstück ist vom Eigentümer zu verifizieren und zu dokumentieren (siehe Anhang 2). Die Stilllegung von Anlagen, die der AwSV unterliegen, ist gemäß § 45 Abs. 1 Nr. 1 AwSV durch einen Fachbetrieb nach § 62 AwSV durchzuführen und von einem Sachverständigen begleitend zu prüfen.

Erläuterung:

Da Erdwärmesondenrohre aktuell zumeist nur mit einem erheblichen Aufwand aus dem Untergrund zu entfernen sind, ist ein Austausch der i.d.R. wassergefährdenden Wärmeträgerflüssigkeit durch Trinkwasser bei einer vorübergehenden Außerbetriebnahme ausreichend. Bei dieser Vorgehensweise bleibt die Zugänglichkeit der Sonde erhalten.

Wird eine Erdwärmesonde dauerhaft stillgelegt, sollte die Erdwärmesonde nach dem oben genannten Austausch der Wärmeträgerflüssigkeit auf eine Tiefe von ca. 1 m unter GOK (frostfrei) gekürzt und mit einer Schweißmuffe verschlossen werden. Liegen Indizien vor, die auf eine beschädigte Ringraumverfüllung der Erdwärmesonde hindeuten, müssen Maßnahmen, wie sie in Empfehlung 28 beschrieben werden, ergriffen werden.

Bei einer vorübergehenden Außerbetriebnahme von Erdwärmekollektoren ist ein Austausch der i.d.R. wassergefährdenden Wärmeträgerflüssigkeit in den Kollektorkreisläufen durch Trinkwasser ausreichend. Bei einer endgültigen Stilllegung sollten Erdwärmekollektoren möglichst aus dem Untergrund entfernt werden.

Für Erdwärmeanlagen, die der AwSV unterliegen, besteht gemäß § 45 AwSV die Fachbetriebspflicht und gemäß § 46 AwSV die Prüfpflicht. Diese Anlagen dürfen nur von einem entsprechenden Fachbetrieb stillgelegt werden und sind anschließend von einem AwSV-Sachverständigen zu prüfen.

Empfehlung 28

Bei einer konkreten Gefährdung des Grundwassers durch eine Erdwärmesondenanlage sind nachträgliche Abdichtungen des Ringraums zur Vermeidung von Umläufigkeiten und hydraulischen Kurzschlüssen durchzuführen und ggf. auch ein kompletter Rückbau der Anlage (Überbohren der Erdwärmesonde und anschließende Abdichtung des Bohrlochs) zu prüfen.

Erläuterung:

Insbesondere nicht mehr wirksame Ringraumverfüllungen von Erdwärmesonden können zu einer Beeinträchtigung des Grundwassers führen. Bei Indizien auf Undichtigkeiten der Ringraumverfüllung der Erdwärmesonde ermöglichen Kontrollmessungen Rückschlüsse bezüglich deren Qualität.

Dies kann bei magnetisch dotiertem Verfüllmaterial mit einer Suszeptibilitätsmessung (siehe Empfehlung 15) erfolgen. Liegt kein entsprechend dotiertes Verfüllmaterial vor, sind z. B. eine Gamma-Gamma-Dichte-Log-Messung oder ein Temperaturlog mit bzw. ohne Temperaturimpuls durchzuführen.

Sollten die Kontrollmessungen auf eine Undichtigkeit der Ringraumverfüllung hinweisen, ist eine Sanierung der defekten Sonde (z.B. durch Schlitzen der Sondenrohre und Nachverpressen durch das Sondenrohr) durchzuführen.

Bezüglich des Überbohrens (teilweise auch als Zerbohren bezeichnet) von Erdwärmesonden gibt es bislang nur vereinzelte Erfahrungen; ein bewährtes technisches Konzept liegt jedoch noch nicht vor. Sollten Maßnahmen zum Nachdichten der Verfüllung nicht erfolgreich gewesen sein, ist dennoch der Versuch zu unternehmen, eine bestehende Erdwärmesonde, von der eine akute Gefahr ausgeht, zu überbohren und dauerhaft abzudichten.

7 Literaturverzeichnis

Gesetze und Verordnungen

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen (Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe - VwVwS) vom 17. Mai 1999 (BAnz. Nr. 98a vom 29. Mai 1999); aufgehoben am 10.08.2017; Fundstelle: BAnz AT 15.08.2017 B5.

Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808).

Gesetz über die Durchforschung des Reichsgebietes nach nutzbaren Lagerstätten (Lagerstättengesetz – LagerStG) vom 4. Dezember 1934 in der im BGBl. Teil III, Gliederungsnummer 750-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 22 des Gesetzes vom 10. November 2001 (BGBl. I S. 2992).

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771)).

Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG) vom 05. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 16 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808).

Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905).

Technische Regelwerke und Richtlinien

DIN 4023 (2006): Geotechnische Erkundung und zeichnerische Darstellung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen; Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth-Verlag).

DIN 4049-3 (1994): Begriffe der quantitativen Hydrologie; Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth-Verlag).

DIN 8901 (2002): Kälteanlagen und Wärmepumpen – Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen und Prüfung; Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth-Verlag).

DIN EN ISO 14688-1 (2003): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1: Benennung und Beschreibung; Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth-Verlag).

DIN EN ISO 14688-2 (2003): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen; Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth-Verlag).

DIN EN ISO 14689-1 (2011): Geotechnische Erkundung und Untersuchung Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung; Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth-Verlag).

DIN EN ISO 22475-1 (2007): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen, Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung; Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth-Verlag).

DVGW W 110 (2005): Geophysikalische Untersuchungen in Bohrungen, Brunnen, Grundwassermessstellen; Zusammenstellung von Methoden und Anwendungen; Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs, Bonn.

DVGW W 120-2 (2013): Qualifikationsanforderungen für die Bereiche Bohrtechnik und oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden); Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs, Bonn.

VDI 4640-1 (2010): Thermische Nutzung des Untergrundes – Grundlagen, Genehmigungen, Umwelt; Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI 4640-2 (2016, Gründruck): Thermische Nutzung des Untergrundes – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen; Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

Literatur

Anbergen, Hauke (2014): Prüfverfahren zur Bestimmung des Frost-Tau-Wechseleinflusses auf Hinterfüllbaustoffe für Erdwärmesonden, Dissertation TU Darmstadt.

Brielmann H., Lueders T., Schreglmann K., Ferraro F., Avramov M., Hammerl V., Blum P., Bayer P., Griebler C. (2011): Oberflächennahe Geothermie und ihre potenziellen Auswirkungen auf Grundwasserökosysteme. Grundwasser 16: 77-91.

Eggeling, L., Schneider, J. (2018): Auswirkungen der Grundwasserbeschaffenheit auf Bau und Betrieb Oberflächennaher Geothermieanlagen,- in M. Bauer et al. (Hrsg.): Handbuch Oberflächennahe Geothermie: 281-293.

Giannelli, G., Braun, J. (2017): Einfluss des Betriebs von Wärmepumpen auf potentielle Durchfrostung einer Erdwärmesonde – EWS Frost http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/125337/l7514011_ews_frost_rev.pdf?command=downloadContent&filename=l7514011_ews_frost_rev.pdf&FIS=203&highlight=frost.

Griebler, C., Kellermann, C., Stumpp, C., Hegler, F., Kuntz, D., & Walker-Hertkorn, S. (2015): Auswirkungen thermischer Veränderungen infolge der Nutzung oberflächennaher Geothermie auf die Beschaffenheit des Grundwassers und seiner Lebensgemeinschaften – Empfehlungen für eine umweltverträgliche Nutzung. UBA-Texte ; 54/2015; 155 S.

Grimm, M., Stober, I., Kohl, T., Blum, P. (2014): Schadensfallanalyse von Erdwärmesondenbohrungen in Baden-Württemberg. Grundwasser 19 (4): 275-286.

Kübert, M., Walker-Hertkorn, S. & Kuntz, D. (2014): Die Temperaturentwicklung im Ringraum einer Erdwärmesonde; GeoTherm Offenburg, 20.-21.02.2014, Offenburg.

LQS EWS (2015): Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden (LQS EWS); Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart.

PK Geothermie / PERSONENKREIS GEOTHERMIE DER AD-HOC-ARBEITSGRUPPE GEOLOGIE (2011): FACHBERICHT ZU BISHER BEKANNTEN AUSWIRKUNGEN GEOTHERMISCHER VORHABEN IN DEN BUNDESLÄNDERN. Erarbeitet für den Bund/Länder-Ausschuss Bodenforschung (BLA-GEO) durch die Staatlichen Geologischen Dienste der Deutschen Bundesländer (SGD) und der Bundesanstalt für Ge-

owissenschaften und Rohstoffe (BGR) sowie des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik (LIAG) mit der Mitwirkung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Klima, Energie, Mobilität und Nachhaltigkeit (BLAG KliNa), und der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

PK Systemdurchlässigkeit / Personenkreis Durchlässigkeit des Systems Erdwärmesonde der Ad-hoc-Arbeitsgemeinschaft Hydrogeologie (2015): Empfehlungen für die Anforderungen an die hydraulische Durchlässigkeit des Systems Erdwärmesonde. Erarbeitet für den Bund/Länder-Ausschuss Bodenfor-schung (BLA-GEO) durch die Staatlichen Geologischen Dienste der Deutschen Bundesländer.

Reuß, M., Koenigsdorff, R., Zorn, R., Kuckelkorn, J., Steger, H., Pröll, M. & Feuerstein, P. (2012): Quali-tätssicherung bei Erdwärmesonden und Erdreichkollektoren, Abschlussbericht, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (FKZ 0327453A).

Solites, KIT, EIFER (2016): Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben EWS—Tech (2016) – Weiter-entwicklung der Erdwärmesonden-Technologie (Projektnummer L75 13004 – 13007) vom 28.10.2016 (<http://www.solites.de/Projekte/AbgeschlosseneProjekte/EWS-tech.aspx>).

Thiem, A., Schmidt, K., Augenstein, T. & Betting, D. (2012): Wärmeträgerfluide in der Geothermie: Exemplarische Gefährdungsabschätzung anhand von Strukturaufklärung, Abbaubarkeit und Toxizität. DVGW-Forschungsvorhaben W1/01/09/ Badenova Innovationsfonds-Vorhaben 2010- 3.

Waber, H.N., Huggenberger, P., Milnes, E., Walter, U. (2015): Tiefengrundwasser – Vorkommen, Nut-zungspotenzial und Schutzwürdigkeit. – 4: 32-41, AQUA & GAS.

Anhang 2:

Erforderliche Unterlagen für die Dokumentation der Bohr- und Ausbauarbeiten von Erdwärmesonden

- Schichtenverzeichnisse inklusive Kopfblätter jeder Bohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1 in Verbindung mit DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14688-2
- geophysikalische Messprotokolle (soweit gefordert)
- ein auf der Grundlage der geophysikalischen Messprotokolle erstelltes Schichtenverzeichnis
- zeichnerische Darstellung der Schichtenfolge und des Ausbaus gemäß DIN 4943 im Zusammenhang mit DIN 4023
- Übersichtsplan im Maßstab 1 : 5.000
- Lageplan des Grundstücks mit Darstellung der Erdwärmesondenstandorte (Einmessung an unveränderlichen Festpunkten wie z. B. Grundstücksgrenzen oder Hausecken); die Koordinaten sind in ETRS89 anzugeben
- Art und Verpressmenge an Dichtmaterial je Sonde in m³
- Art und Menge der verwendeten Bohrzusätze
- Protokolle der werkseitig vorgenommenen Dichtheitsprüfungen
- Protokoll der Dichtheitsprüfung der Erdwärmesondenanlage **vor dem Befüllen** mit Wärmeträgerflüssigkeit (Dichtigkeitsprüfung)
- Protokoll der Dichtheitsprüfung der Erdwärmesondenanlage **nach dem Befüllen** mit Wärmeträgerflüssigkeit (Inbetriebnahmeprüfung)
- Produktdatenblätter bzw. Prüfberichte des Verfüllmaterials
- Berechnung der Wärmeentzugsleistung an Hand der grundstücksbezogenen Bohrergergebnisse
- Plan über den Verlauf der Sondenleitungen bis zur Wärmepumpenanlage und die Nutzungen im Umkreis von 3 m
- Protokoll der nach Empfehlung 17 aufgenommenen Parameter der Verfüllsuspension *für jede Erdwärmesonde (Dichte, Marshzahl, Absetzmaß etc.)* sowie Mischprotokoll (Anhang 1)

Erforderliche Unterlagen für die Dokumentation der Erd- und Einbauarbeiten von Erdwärmekollektoren

- Übersichtsplan im Maßstab 1 : 5.000
- Lageplan des Grundstücks mit Darstellung des Erdwärmekollektorstandortes (Einmessung an unveränderlichen Festpunkten wie z. B. Grundstücksgrenzen oder Hausecken); die Koordinaten sind in ETRS89 anzugeben
- Bodentyp (z.B. Sand, Lehm, Torf) und Grundwasserstand [Meter unter GOK] so bekannt
- Kollektortyp (Flächen-, Graben-, Korbkollektor), Einbautiefe (Ober- Unterkante [Meter unter GOK]), Anzahl bzw. Fläche der Kollektoren
- Eingesetztes Wärmeträgermittel mit Mischungsverhältnis (Konzentration [%])
- Protokoll der Dichtheitsprüfung der Erdwärmekollektoranlage **nach** dem Befüllen mit Wärmeträgerflüssigkeit (Inbetriebnahmeprüfung)

Anhang 3:

Tabelle 1: Nicht wassergefährdende Wärmeträgermedien

Produktname	Hersteller	Stoff
R 744	diverse	Kohlendioxid CO2
R 290	diverse	Propan
R 1270	diverse	Propen

Tabelle 2: Wärmeträgermedien und deren prozentuale Anteile an WGK 1-, WGK 2- und WGK 3-Anteilen (Stand: 07.11.2017)

(Tabelle 2 wird regelmäßig aktualisiert und ist unter dem nachfolgenden Link zu finden:
<http://www.lawa.de/Publikationen-Veroeffentlichungen-nach-Sachgebieten-Wasserversorgung,-Abwasserentsorgung,-Wassergefaehrdung.html>)

Produktname	Hersteller	WGK	Hauptkomponente		Anteile Additive		
			Name	Anteil	WGK 1	WGK 2	WGK 3
Coracon GEKO WF	Aqua-Concept	nwg	Wasser	99,33	0,67	0	0
Coracon GEKO W	Aqua-Concept	nwg	Wasser	97,35	2,65	0	0
Coracon GEKO AF-8	Aqua-Concept	1	Ethanol	14,90	0,22	0	0
STAUBCOSOL BE gebrauchsfertig -8 °C	Staub & Co.	1	Ethanol	15,20	0,30	0	0
Glysofor L	WITTIG Umweltchemie	1	Propylenglykol	> 98	< 1	0	0
Glysofor N	WITTIG Umweltchemie	1	Ethylenglykol	> 98	< 1	0	0
Glysofor TERRA	WITTIG Umweltchemie	1	Ethylenglykol	> 98	< 1	0	0
GWE OptiFlow N	WITTIG Umweltchemie	1	Ethylenglykol	> 98	< 1	0	0
Kühlsolekonzentrat N	Staub & Co.	1	Ethylenglykol	98,5	1,12	0	0
Kühlsolekonzentrat Spezial VA	Staub & Co.	1	Propylenglykol	98,5	1,12	0	0
Vollmer N	Vollmer	1	Ethylenglykol	98,5	1,5	0	0
Coracon GEKO EF-10	Aqua-Concept	1	Propylenglykol	23,00	1,57	0	0
Kühlsolekonzentrat N-GEO	Staub & Co.	1	Ethylenglykol	< 98,5	> 1,5	0	0
Kühlsolekonzentrat Spezial-GEO	Staub & Co.	1	Propylenglykol	< 98,5	> 1,5	0	0
Patro Terra	Brenntag	1	Ethylenglykol	≥ 90	1,7	0	0
CD-Geotherm N	Carl Dicke	1	Ethylenglykol	93	2	0	0
Coracon GEKO N	Aqua-Concept	1	Ethylenglykol	95,49	2,78	0	0
Ravenol OTC	Ravensberger Schmierstoffvertrieb	1	Ethylenglykol	< 99	< 3	0	0

jeweils zu 100% fehlende Anteile: nicht wassergefährdende Stoffe (z.B. Wasser)