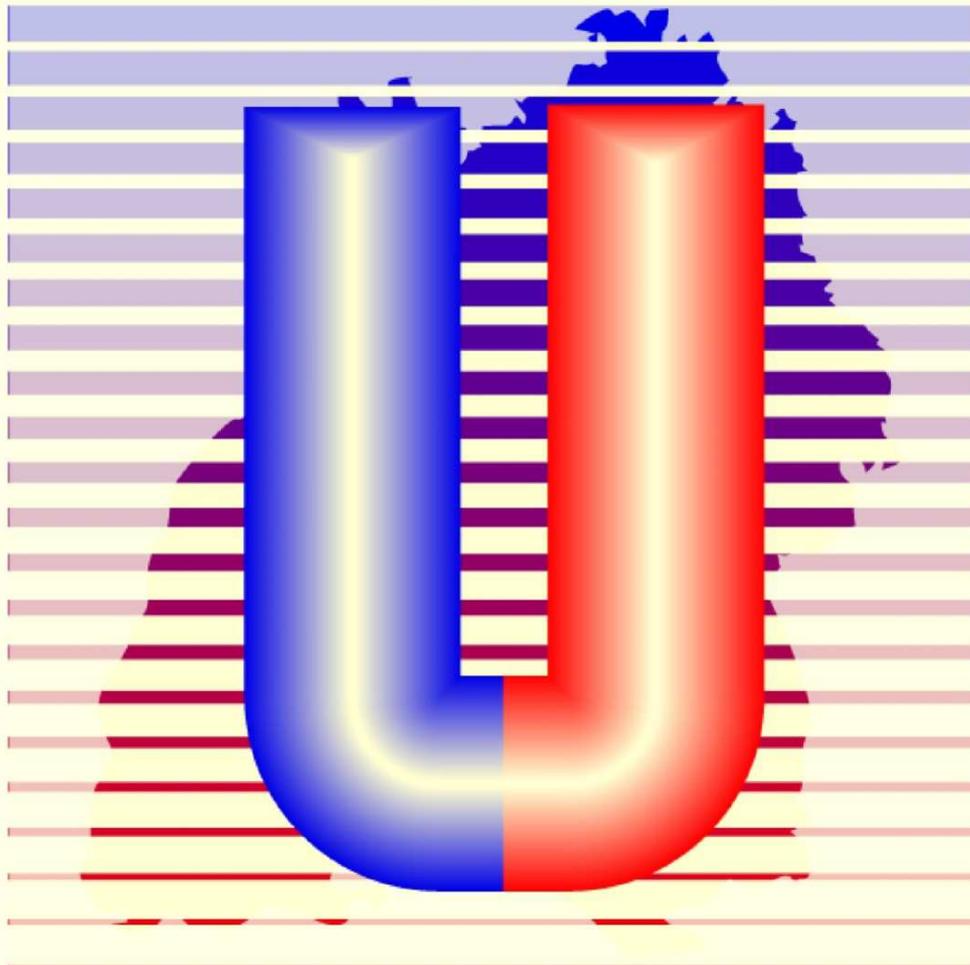


**Erläuterungen zum
Informationssystem Oberflächennahe
Geothermie
für Baden-Württemberg (ISONG)**

<http://www.geothermie-bw.de>



März 2018



Baden-Württemberg

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau



Inhalt

- 1 Einführung
- 2 Erdwärmesonden
 - 2.1 Effizienz der Erdwärmesondennutzung / Erforderliche Tiefe bzw. Wärmeentzugsleistung der Erdwärmesonde (geologisches 3D-Modell)
 - 2.2 Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter
 - 2.3 Einschränkungen und Auflagenempfehlungen für Erdwärmesondenbohrungen durch Grundwasserschutz und Bergbau
 - 2.4 Erdwärmesondenanlagen in Wasser - und Heilquellenschutzgebieten
 - 2.5 Geotechnisch/hydrogeologische Risiken beim Bau einer Erdwärmesondenanlage
 - 2.6 Erfordernis einer wasserrechtlichen Erlaubnis und/oder eines bergrechtlichen Bescheids für die Errichtung einer Erdwärmesondenanlage
- 3 Erdwärmekollektoren
 - 3.1 Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens
 - 3.2 Geotechnisch/bodenkundliche Einschränkungen und Risiken beim Bau einer Erdwärmekollektorenanlage
 - 3.3 Einschränkungen für Erdwärmekollektoren durch den Grundwasserschutz (Wasser- und Heilquellenschutzgebiete)
 - 3.4 Erfordernis einer wasserrechtlichen Erlaubnis für den Bau einer Erdwärmekollektorenanlage
- 4 Adressen und Links
- 5 Glossar



Verwendete Abkürzungen

LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
RPF/LGRB	Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
UM	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
LQS EWS	Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden des UM Baden-Württemberg



1 Einführung

Baden-Württemberg setzt im Interesse des Klimaschutzes und vor dem Hintergrund der Energiewende verstärkt auf die Nutzung geothermischer Energie (Erdwärme). Diese steht unabhängig von Klima und Jahreszeit jederzeit zur Verfügung und ist nach menschlichem Ermessen unerschöpflich.

Bereits die relativ niedrigen Temperaturen in den oberflächennahen Gesteinsschichten (bis 400 m Tiefe) lassen sich mit heutigen Technologien unter Einsatz einer Wärmepumpe zum Beheizen von Gebäuden nutzen (oberflächennahe Geothermie). Neben der direkten Nutzung des Grundwassers mit Entnahme- und Wiedereinleitungsbrunnen sowie der Nutzung mit flachen Nutzungssystemen (1 bis 5 m Tiefe), wie z.B. Erdwärmekollektoren, werden dazu überwiegend Erdwärmesonden eingesetzt.

Das Informationssystem Oberflächennahe Geothermie (ISONG) des Regierungspräsidiums Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (RPF/LGRB) gibt flächenhaft und standortbezogen Informationen zur Errichtung von Erdwärmesondenanlagen bis maximal 400 m Tiefe (vgl. Kap. 2). In Gebieten in denen die Errichtung von Erdwärmesondenanlagen nicht möglich ist, stellen Erdwärmekollektoren eine alternative Nutzungsmöglichkeit dar. ISONG gibt flächenhafte Übersichtsinformationen für flache Erdwärmekollektorenanlagen (vgl. Kap. 3).

2 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden stellen die häufigste Nutzungsform der Oberflächennahen Geothermie dar. Dabei handelt es sich bei kleineren Anlagen am häufigsten um U-förmige Kunststoffrohre (Doppel-U-Sonden), die in ein vertikales Bohrloch von meist 40 bis 150 m Tiefe eingebaut werden. In den Rohren zirkuliert in einem geschlossenen Kreislauf ein Wärmeträger (Flüssigkeit oder Gas), der die Temperatur des umgebenden Gesteins annimmt. Mit einer Wärmepumpe wird die so gewonnene Erdwärme auf die benötigte Heiztemperatur angehoben.

ISONG gibt Hinweise und Auskunft zur Errichtung von Erdwärmesondenanlagen bis maximal 400 m Tiefe. Es ist mit einem räumlichen Modell des Untergrundes (geologisches 3D-Modell) im Maßstab 1 : 50.000 hinterlegt. Die häufigsten Fragen, die sich im Zusammenhang mit der Planung von Erdwärmesondenanlagen ergeben, betreffen folgende Themenkomplexe:

- Effizienz der Erdwärmesondennutzung / Erforderliche Tiefe bzw. Wärmeentzugsleistung der Erdwärmesonde (geologisches 3D-Modell, vgl. Kap. 2.1),
- Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter (vgl. Kap. 2.2),



- Einschränkungen und Auflagenempfehlungen für Erdwärmesondenbohrungen durch Grundwasserschutz und Bergbau (vgl. Kap. 2.3),
- Erdwärmesondenanlagen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten (vgl. Kap. 2.4),
- Geotechnisch/hydrogeologische Risiken beim Bau einer Erdwärmesondenanlage (vgl. Kap. 2.5),
- Erfordernis einer wasserrechtlichen Erlaubnis und/oder eines bergrechtlichen Bescheids für die Errichtung einer Erdwärmesondenanlage (vgl. Kap. 2.6).

Zu diesen Themen gibt das Informationssystem ISONG fachliche Hinweise und Auskunft. Es ersetzt jedoch nicht die sorgfältige Planung und Wirtschaftlichkeitsberechnung von Einzelvorhaben.

Die einzelnen Bausteine des Informationssystems werden im Folgenden anhand der oben aufgeführten Themenkomplexe erläutert. Weitere Hinweise zum Bau von Erdwärmesondenanlagen sind im „**Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden**“ des UM (4. Auflage 2005; im Folgenden „Leitfaden des UM“) http://lgrb-bw.de/download_pool/Leitfaden_-_Nutzung_von_Erdwaerme.pdf sowie in den 2011 erschienenen „**Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden**“ des UM Baden-Württemberg (im Folgenden „LQS EWS“) <http://um.baden-wuerttemberg.de> zu finden. Zum Schutz des Grundwassers und zum Schutz des Bauherren und Dritter sind in den LQS EWS Vorgehensweisen vorgeschrieben, die an die jeweiligen Gefährdungen durch den geologisch/hydrogeologischen Untergrund angepasst sind. Dabei steht neben der richtigen Dimensionierung des Gesamtsystems die fachgerechte Bauausführung, insbesondere bei der Erstellung einer dauerhaft dichten Ringraumhinterfüllung im Vordergrund. In geologisch/hydrogeologisch schwierigen Gebieten hat eine externe und unabhängige Bauüberwachung durch einen Sachverständigen zu erfolgen. Ein Sachverständiger ist erforderlich bei sulfathaltigem Gestein im Untergrund (vgl. Kap. 2.5), bei artesisch gespannten Grundwasserverhältnissen (vgl. Kap. 2.5) und bei kritischem Stockwerksbau (vgl. Kap. 2.2).

Das RPF/LGRB ist bestrebt, das Informationssystem zu aktualisieren und bittet Sie um ihre Mithilfe. Bitte kommen Sie Ihrer Verpflichtung nach, die Ergebnisse der Erdwärmesondenbohrung(en) (Bohrprofil, Grundwasserstand etc.) an das Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Albertstr. 5, 79104 Freiburg im Breisgau zu schicken.

2.1 Effizienz der Erdwärmesondennutzung / Erforderliche Tiefe bzw. Wärmeentzugsleistung der Erdwärmesonde (geologisches 3D-Modell)

In der Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde im Informationssystem ISONG (kostenfrei) wird für den gewählten Bohrpunkt die Effizienz des Untergrundes für eine Erdwär-



mesondennutzung bewertet. Ergänzend ist die geothermische Effizienz auch als Kartenthema flächenhaft darstellbar.

Nach Anmeldung an die Erweiterte Version von ISONG (kostenpflichtig) wird für den gewählten Standort neben einem prognostischen Bohrprofil die kumulative Wärmeentzugsleistung einer Erdwärmesonde für unterschiedliche Tiefen und für 1800 sowie 2400 Betriebsstunden/Jahr angegeben. Kartenthemen der spezifischen Wärmeentzugsleistungen sind flächenhaft darstellbar.

Sowohl die Effizienz als auch die spezifische Wärmeentzugsleistung werden in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 „Thermische Nutzung des Untergrundes“ unter Verwendung einer Prognose über die Gesteinsabfolge im Untergrund am gewählten Bohrpunkt berechnet. Angaben dazu liefert ein 3-dimensionales geologisches Modell des Untergrundes.

Geologisches 3D-Modell

Für mehr als 95% der Landesfläche ist ISONG mit einem dreidimensionalen geologischen Untergrundmodell hinterlegt. Dazu wurden folgende Unterlagen ausgewertet:

- digitaler Basisdatensatz der Geologischen Karte 1 : 50.000 der Integrierten Geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa), wo dieser noch nicht vorhanden war, geologische Karten 1 : 25.000,
- Bohrdatenbank des RPF/LGRB,
- Hydrogeologische Karten,
- Geologische Schichtlagerungskarten,
- Grundwassergleichenpläne der LUBW und des RPF/LGRB.

Das geologische 3D-Modell bildet die Raumlage verschiedener lithostratigraphischer Modelleinheiten im Untergrund ab. Die dargestellten Einheiten unterscheiden sich dabei lithostratigraphisch, petrographisch, hydrogeologisch und in Bezug auf geotechnische Bohrrisiken voneinander. Störungen sind im Modell vereinfacht als senkrecht stehend abgebildet. Im Lockergestein ist, soweit bekannt, zusätzlich der Grundwasserstand integriert. Das geologische Modell besitzt eine flächenhafte Auflösung von 100 x 100 m und reicht bis in 400 m Tiefe. Es liefert für jedes Rasterelement die zu erwartende lithostratigraphische Abfolge und die ihr zugeordneten Gesteinseinheiten (prognostisches Bohrprofil).

Die Genauigkeit der Angaben über die Tiefenlage der einzelnen Schichtgrenzen hängt von der Anzahl und räumlichen Verteilung der vorhandenen Bohrdaten und der Komplexität der geologischen Verhältnisse im betrachteten Gebiet ab. Da flache Bohrungen überwiegen, nimmt die Vorhersagegenauigkeit generell mit der Tiefe ab. Auch der Grundwasserstand kann in einigen Gebieten nur grob abgeschätzt werden und zudem ausgeprägte jahreszeitliche Schwankungen aufweisen.



Die prognostizierten Tiefen der Schichtgrenzen und des Grundwasserspiegels sind im Informationssystem ISONG auf Meter gerundet. Sie können von den tatsächlichen Tiefen mehrere Meter bis 10-er Meter abweichen.

Jeder Einheit sind gegebenenfalls spezifische Bohrrisiken zugeordnet (vgl. Kap. 2.5). Die tiefenbezogenen Angaben der Bohrrisiken im Informationssystem, die in der Standortbeurteilung ausgewiesen werden, sind eine Entscheidungshilfe, um die mit der Bohrtiefe oft zunehmenden Bohrrisiken abzuwägen.

Störungszonen werden, soweit bekannt, dargestellt. Bei Bohransatzpunkten in Störungszonen (mit einem beidseitigen Saum von 100 m) und im gesamten Oberrheingraben wird auf die mögliche Ungenauigkeit der zugrunde gelegten Gesteinsabfolge des geologischen Modells hingewiesen. Bei Bohrungen, die unter die Basis der Lockergesteine des Oberrheingrabens reichen, wird auf das mögliche Auftreten aller in Kapitel 2.5 aufgeführten Bohrrisiken hingewiesen.

In den komplex und kleinräumig gestörten Randschollen am Ostrand des Oberrheingrabens, im westlichen Kraichgau, im Bereich des Dinkelbergs, des Steinheimer Beckens und des Nördlinger Rieses sind die Untergrundverhältnisse räumlich eng wechselnd. In diesen Gebieten ist die Erstellung eines geologischen 3D-Modells des Untergrundes nicht möglich. Stattdessen wird dort die oberste geologische Einheit am gewählten Bohrpunkt angegeben und auf der Grundlage der prinzipiell zu erwartenden geologischen Schichtenfolge auf die bis in 400 m Tiefe möglichen Bohrrisiken hingewiesen. Ist bei Quartärüberdeckung die geologische Abfolge unbekannt, wird auf das mögliche Auftreten aller in Kapitel 2.5 aufgeführten Bohrrisiken hingewiesen.

In der Erweiterten Version von ISONG (kostenpflichtig) wird bei der Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde zusätzlich das prognostische Bohrprofil bis 400 m Tiefe bzw. bis zur erlaubten Bohrtiefe als Profilsäule mit einer kurzen Beschreibung der erwarteten Gesteinsabfolge ausgegeben. Im Lockergestein wird, soweit bekannt, der Grundwasserstand angegeben. In roter Schrift werden die für die jeweilige Einheit spezifischen Bohrrisiken aufgeführt (vgl. Kap. 2.5). Setzt eine Bohrung innerhalb einer Einheit an, so besteht die Schichtmächtigkeit nur noch aus deren Restmächtigkeit.

Effizienz der Erdwärmesondennutzung

Bei der Bewertung der Effizienz eines gewählten Bohrpunktes werden in ISONG folgende Klassen unterschieden:

Erdwärmennutzung mittels Erdwärmesonde	spezifische jährliche Entzugsarbeit [kWh/(m*a)]
geringer effizient	< 100
effizient	>= 100 bis < 125
höher effizient	>= 125



Nach der VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2 kann ab einer spezifischen jährlichen Entzugsarbeit von 100 kWh/(m*a) von einer effizienten geothermischen Nutzung des Untergrundes ausgegangen werden. Die spezifische jährliche Entzugsarbeit (Entzugsarbeit pro Meter Bohrtiefe) wurde in Anlehnung an die VDI-Richtlinie aus der jährlichen Entzugsarbeit für eine Einzelanlage von 100 m Tiefe (bzw. bis zur erlaubten Bohrtiefe) und für eine Jahresnutzungsdauer von 2400 Stunden (entspricht einer Nutzung für Heiz- sowie Warmwasserbetrieb) aus dem prognostischen Bohrprofil des geologischen Modells abgeleitet.

Die Angaben in der VDI-Richtlinie gelten für folgende Parameter einer Standardanlage:

- Bei der Erdwärmesonde handelt es sich um eine Einzelanlage, die bis zu einer Heizleistung von 30 kW eingesetzt wird.
- Die Anlage wird nur für den Wärmeentzug (Heizung oder Heizung und Warmwasser) genutzt.
- Die Länge (Tiefe) der Erdwärmesonde liegt zwischen 40 und 100 m.
- Der kleinste Abstand zwischen einzelnen Erdwärmesonden beträgt bei Tiefen zwischen 40 und 50 m mindestens 5 m, bei Bohrungen bis 100 m mindestens 6 m.
- Als Erdwärmesonden kommen Doppel-U-Sonden mit einem Innendurchmesser der Einzelrohre von DN 20, DN 25 oder DN 32 mm oder Koaxialsonden mit 60 mm Durchmesser zum Einsatz.

In Gebieten mit Tiefenbeschränkungen für Erdwärmesonden (vgl. Kap. 2.3 und 2.4) von kleiner 40 m erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie keine Angabe zur Effizienz des Untergrundes. Innerhalb von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten, in denen nur Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit zugelassen ist, erfolgt ebenfalls keine Angabe zur Effizienz, da Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit nicht den Rahmenbedingungen der VDI-Richtlinie entspricht. Ergänzend ist die geothermische Effizienz auch als Kartenthema flächenhaft darstellbar.

Die Bewertung der Effizienz einer Erdwärmenutzung mittels Erdwärmesonde am gewählten Standort ist lediglich eine erste Einschätzung, u. a. wegen der häufig unsicheren geologischen Verhältnisse.

Erforderliche Tiefe bzw. Wärmeentzugsleistung der Erdwärmesonde

In der Erweiterten Version von ISONG wird für den gewählten Bohrpunkt die kumulative Wärmeentzugsleistung einer Erdwärmesonde für 40 m, 60 m, 80 m und 100 m Tiefe und für 1800 sowie 2400 Betriebsstunden/Jahr angegeben. Die Berechnung der Wärmeentzugsleistung bis 100 m Tiefe erfolgt in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2 unter Verwendung des prognostischen Bohrprofils aus dem geologischen Modell.

Dazu werden die spezifischen Wärmeentzugsleistungen verwendet, die in der VDI-Richtlinie für unterschiedliche Gesteine und Jahresbetriebsstunden angegeben sind. Bei der Planung einer Erdwärmesondenanlage ist die Anzahl der jährlichen Betriebsstunden von Bedeutung. 1800



Betriebsstunden/Jahr werden für reinen Heizbetrieb und 2400 Betriebsstunden/Jahr für Heiz- sowie Warmwasserbetrieb angesetzt.

Die Angaben in der VDI-Richtlinie und damit auch die daraus abgeleiteten Entzugsleistungen im ISONG gelten für die Parameter einer Standardanlage, wie sie im Abschnitt Effizienz der Erdwärmesondennutzung (oben) aufgeführt sind.

Die angegebenen kumulativen Wärmeentzugsleistungen am gewählten Standort dienen nur zur Orientierung für die erforderliche Tiefe der Erdwärmesonde für den benötigten Energiebedarf, da die Wärmeentzugsleistung keine physikalisch messbare Größe ist, sondern von einer Vielzahl von (gesteinsphysikalischen, sonden- und anlagentechnischen) Parametern abhängt. Mit den Angaben des Informationssystems ISONG kann auch geprüft werden, ob es günstiger ist, am vorgesehenen Standort eine tiefe oder mehrere flachere Erdwärmesonden zu bauen. Sie sind somit eine Entscheidungshilfe, um die mit der Bohrtiefe oft zunehmenden Bohrrisiken abzuwägen (vgl. Kap. 2.5). In Gebieten mit Tiefenbeschränkungen für Erdwärmesonden (vgl. Kap. 2.3 und 2.4) werden die Wärmeentzugsleistungen nur bis zur erlaubten Bohrtiefe angegeben. In Wasser- und Heilquellenschutzgebieten, in denen nur Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit zugelassen ist, erfolgt keine Angabe der Entzugsleistungen, da Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit nicht den Rahmenbedingungen der VDI-Richtlinie entspricht. Ergänzend werden im Informationssystem ISONG die spezifischen Wärmeentzugsleistungen als Kartenthemen flächenhaft dargestellt.

Abweichungen der prognostizierten von den tatsächlichen Wärmeentzugsleistungen am gewählten Standort können u. a. aufgrund der häufig unsicheren geologischen Verhältnisse auftreten.

2.2 Gliederung des Untergrundes in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter

In der Erweiterten Version von ISONG (kostenpflichtig) wird bei der Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde der Untergrund bis 400 m Tiefe anhand einer zweiten prognostischen Profilsäule in Grundwasserleiter und –geringleiter gegliedert. Die Kenntnis darüber dient dazu, schon bei der Planung die erforderlichen Maßnahmen vorzusehen, die beim Bau der Erdwärmesonde einen unkontrollierten artesischen oder einen stockwerksübergreifenden Grundwasserfluss ausschließen und eine dauerhaft dichte Ringraumhinterfüllung sicherstellen (siehe LQS EWS). Dies ist zum Schutz des Grundwassers, aber auch des Bauherrn notwendig und vermeidet spätere Schäden. Im Vorfeld eines Erdwärmesondenvorhabens kann bereits eine erste Einschätzung erfolgen, ob am geplanten Bohrpunkt schwierige hydrogeologische Verhältnisse vorliegen und eine Überwachung durch eine(n) unabhängige(n) Sachverständige(n) erfolgen muss.

Aufgrund der regional unterschiedlichen Eigenschaften der Gesteine können einige Gesteine als Grundwasserleiter oder als Grundwassergeringleiter ausgebildet sein. Da auch die Ergiebigkeit der Grundwasservorkommen regional unterschiedlich sein kann, ist ihre Darstellung nur

stark vereinfacht möglich. Bei Festgesteinsgrundwasserleitern nimmt sie in der Regel mit größerer Tiefe ab, bei tektonischer Beanspruchung oft zu und an Talhängen und in Tälern ist die Ergiebigkeit in der Regel erhöht. Einige nicht weiter differenzierte Modelleinheiten des geologischen 3D-Modells wurden durch schematisch eingezogene Grenzen intern in Grundwasserleiter und –geringleiter unterteilt. Diese Grenzen sind in ihrer Tiefenlage unsicher und entsprechend kenntlich gemacht. Wird eine Modelleinheit als „überwiegend Grundwassergeringleiter mit grundwasserführenden Bänken“ bezeichnet, kann es sich um eine oder mehrere grundwasserführende Bank/Bänke handeln, deren Lage innerhalb der Modelleinheit nicht dargestellt ist.

2.3 Einschränkungen und Auflagenempfehlungen für Erdwärmesondenbohrungen durch Grundwasserschutz und Bergbau

Beim Bau und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen sind Beeinträchtigungen des Grundwassers möglich. So können beim Abteufen einer Erdwärmesondenbohrung Spülungsverluste die Grundwasserbeschaffenheit beeinträchtigen (Trübungen, mikrobiologische Verunreinigungen). Insbesondere in verkarsteten oder stark geklüfteten, hoch durchlässigen Grundwasserleitern können Verunreinigungen sehr schnell über weite Strecken transportiert werden. Weiterhin besteht die Gefahr, dass bei Undichtigkeiten des Rohrsystems Wärmeträgerflüssigkeit austritt und das Grundwasser verunreinigt. Schließlich können durch Erdwärmesondenbohrungen Trennschichten zwischen Grundwasserstockwerken durchbohrt und diese bei unzureichender Abdichtung hydraulisch miteinander verbunden werden. Auch dies kann zu erheblichen Beeinträchtigungen der Grundwasserqualität führen.

In den Zonen I, II und III / IIIA von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten ist der Bau und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen in der Regel verboten. In der Zone IIIB und in hydrogeologisch begründeten Ausnahmefällen ist dies mit Einschränkungen möglich (vgl. Kap. 2.4).

Aus Gründen des allgemeinen Grundwasserschutzes kann auch außerhalb von Wasser- oder Heilquellenschutzgebieten die zulässige Tiefe von Erdwärmesondenbohrungen beschränkt sein. Sie dürfen nicht in tiefe, durch gering durchlässige Schichten gut geschützte Grundwasserleiter mit wasserwirtschaftlich genutzten oder nutzbaren Grundwasservorkommen reichen (mit Sicherheitsabstand), damit das Grundwasser nicht beeinträchtigt wird.

Weiterhin dürfen in Gebieten, wo genutzte oder nutzbare oberflächennahe Grundwasservorkommen vorhanden sind und tieferes, höher mineralisiertes, gespanntes Grundwasser auftritt, Erdwärmesondenbohrungen nicht bis in das tiefere Grundwasservorkommen reichen. Damit wird verhindert, dass das obere Vorkommen durch den Aufstieg des höher mineralisierten Wassers beeinträchtigt wird.

Weitere Beschränkungen für den Bau von Erdwärmesondenanlagen können von der Unteren Wasserbehörde zum Schutz staatlich anerkannter Heil- und Mineralwassernutzungen in deren Zustrombereich festgelegt sein. So sind im engeren Zustrombereich sensibler Grundwassernutzungen und -vorkommen ohne Schutzgebiet (anerkannte Mineral- und Heilwässer, sonstige



Mineralwässer, staatlich anerkannte Heilquellen, private Trinkwasser- und hochwertige Brauchwassergewinnungen, potenzielle Trinkwasser-Erschließungsgebiete) der Bau und Betrieb von Erdwärmesonden nicht zu erlauben oder nur im Rahmen eines Erlaubnisverfahrens nach fachlicher Prüfung, gegebenenfalls mit besonderen Auflagen zuzulassen. Dabei kann es erforderlich werden, solche Grundwassernutzungen bei der Herstellung von Erdwärmesondenanlagen besonders auf Auswirkungen von Bohr- und Ausbauarbeiten zu überwachen. Im weiteren Zustrombereich sind aus hydrogeologischer Sicht Erdwärmesondenbohrungen bei vorhandener schützender Überdeckung nur maximal bis zu deren Basis möglich. Im Informationssystem ISONG werden die Nahbereiche von Mineralwasser- und anderen sensiblen Grundwassernutzungen sowie – soweit bekannt – die Zustrombereiche von staatlich anerkannten Mineralwassernutzungen dargestellt.

Ein weiterer Grund für Tiefenbeschränkungen bei Erdwärmesondenbohrungen ist das Vorkommen von Steinsalz oder Kalisalz sowie Gips/Anhydrit (vgl. Kap. 2.5). ISONG gibt bei der Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde die Tiefenlage der geologischen Einheiten an, die Gips und Anhydrit führen können. Beim ersten Auftreten von Gips oder Anhydrit im Bohrgut muss die Bohrung abgebrochen werden.

Eine weitere Bohrtiefenbegrenzung betrifft die Basis der Grabfeld-Formation (früher Gipskeuper-Formation). In der Grabfeld-Formation, sowie darunter im Unterkeuper und dem Oberen Muschelkalk sind häufig eigenständige Grundwasserstockwerke mit stark unterschiedlichen Druckpotenzialen entwickelt. Dies führte in der Vergangenheit wiederholt zu Schadensfällen. Um Schadensfälle zukünftig zu vermeiden und die Trennung der Grundwasserstockwerke zu erhalten, darf die Basis der Grabfeld-Formation nicht durchbohrt werden.

Erforderliche Tiefenbeschränkungen für Erdwärmesonden wegen künstlicher Hohlräume im Untergrund (u. a. Grubengebäude) werden bei Bohrungen über 100 m durch das Referat 97, Landesbergdirektion im RPF/LGRB, geprüft.

Weitere Einschränkungen für Erdwärmesondenbohrungen können im Oberen Muschelkalk im Zusammenhang mit den Haßmersheim-Schichten bestehen, da diese in Abhängigkeit der folgenden Kriterien eine hydraulische Stockwerkstrennung der Grundwässer bewirken können:

Kriterium 1: Faziale Ausprägung: Der Bereich der tonig-mergelig und damit gering durchlässig ausgebildeten Haßmersheim-Schichten wurde aufgrund regionalgeologischer Kenntnisse abgegrenzt. Einschränkung: In der Natur vollzieht sich der Übergang zur tonärmeren, besser durchlässigen Ausprägung allmählich.

Kriterium 2: Tiefenlage unter Gelände: Bei oberflächennaher Lage der Haßmersheim-Schichten kann ihre flächige Trennwirkung durch Verwitterung und Verkarstung eingeschränkt oder aufgehoben sein. Daneben spielen auch Kluftweitung durch periglaziale Prozesse im Pleistozän oder gravitative Gleitprozesse bei Hangposition eine Rolle. Außerdem ist eine Auslaugung des Salinars im Mittleren Muschelkalk zu berücksichtigen. Dabei wird der Gesteinsverband der Schichten über dem Salinar in seiner Lagerung gestört und damit die Trennfunktion



der Haßmersheim-Schichten verringert. Die Erfahrung zeigt, dass diese Funktion der Haßmersheim-Schichten in der Regel dann noch intakt ist, wenn über ihnen die Schichten der Meißner-Formation (früher Oberer Hauptmuschelkalk) noch flächenhaft erhalten sind, d. h. die gesamte Trochitenkalk-Formation noch ansteht. Dieses Kriterium wurde bei der Abgrenzung ebenfalls berücksichtigt.

Kriterium 3: Nähe zur Vorflut: In Vorflutnähe kann die hydraulische Trennwirkung der Haßmersheim-Schichten durch Verwitterungs- bzw. Lösungsprozesse und durch Zerrüttung herabgesetzt sein. Die Vorflutnähe begünstigt die Auslaugung des Salinars im Mittleren Muschelkalk, wodurch der Gesteinsverband der überlagernden Schichten (mitsamt den Haßmersheim-Schichten) zerrüttet sein kann (Trümmergebirge). Dies kann im Informationssystem ISONG jedoch nicht abgebildet werden.

Kriterium 4: Tektonische Beanspruchung: In tektonisch beanspruchten Bereichen kann die hydraulische Trennwirkung der Haßmersheim-Schichten durch Auflockerungs- und/oder Verwitterungsprozesse reduziert sein. Dies kann im Informationssystem ISONG jedoch nicht berücksichtigt werden.

Die Haßmersheim-Schichten wurden als Modellschicht in das geologische 3D-Modell von ISONG integriert. Im Informationssystem erfolgt im relevanten Verbreitungsgebiet der Hinweis: „Beschränkung der Bohrtiefe auf xx m (Top Haßmersheim-Schichten + Sicherheitszuschlag) oder bei Betreuung der Bohrung(en) bis zum Top Haßmersheim-Schichten, der vor Ort durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) erkannt werden muss“.

Für Erdwärmesondenbohrungen, die flacher als die angegebene Bohrtiefenbeschränkung ausgeführt werden, bestehen keine besonderen Auflagen bezüglich einer geologischen Betreuung.

Bei tieferen Erdwärmesondenbohrungen sind die beiden letztgenannten Kriterien durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) zu beurteilen. Eine Bohrtiefenbeschränkung ist nur dann nicht erforderlich, wenn z. B. aus benachbarten Untersuchungen bekannt ist, dass die Trennfunktion der Haßmersheim-Schichten nicht besteht.

Bestehen bis 400 m Tiefe Einschränkungen und Auflagenempfehlungen für den Bau von Erdwärmesondenanlagen durch Grundwasserschutz und Bergbau, wird bei der Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde im Informationssystem ISONG darauf hingewiesen. Flächenhaft werden die Bohrtiefenbegrenzungen (mit Ausnahme der Gips-/Anhydritvorkommen) in entsprechenden Kartenthemen dargestellt.

2.4 Erdwärmesondenanlagen in Wasser - und Heilquellenschutzgebieten

Um genutzte Grundwasservorkommen vor Beeinträchtigungen durch Erdwärmesonden zu schützen, ist der Bau und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten verboten, bzw. mit Einschränkungen belegt.



Generelle Ausführungen zum Bau von Erdwärmesonden in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten enthält der Leitfaden des UM. Danach sind Erdwärmesonden in den Zonen I, II und III / IIIA von Wasserschutzgebieten in der Regel verboten. Nur wenn die Bohrstrecke außerhalb des genutzten Grundwasserleiters liegt, sind Erdwärmesonden in den Zonen III / IIIA aus hydrogeologischer Sicht möglich. Dies ist gegeben, wenn der genutzte Grundwasserleiter am geplanten Standort nicht vorhanden ist oder wenn eine schützende Grundwasserüberdeckung (gering durchlässige bzw. hydraulisch trennende Schichten) darüber liegt und die Erdwärmesondenbohrung bis maximal zur Basis der Überdeckung reicht (mit Sicherheitsabstand).

In der Zone IIIB von Wasserschutzgebieten ist der Bau von Erdwärmesonden in den meisten Fällen hydrogeologisch möglich. Erfolgte allerdings die Einstufung in Zone IIIB nur, weil der Grundwasserleiter durch Deckschichten geschützt ist (z.B. Molasse über Oberjura auf der Schwäbischen Alb), sind Erdwärmesondenbohrungen nur bis zur Basis der Überdeckung (mit Sicherheitsabstand) möglich, da tiefere Erdwärmesondenbohrungen durch die Deckschichten in den genutzten Grundwasserleiter reichen würden und die Schutzfunktion der Überlagerung dann nicht mehr gegeben wäre. Für die Zonen IIIB von Karstgrundwasserleitern bzw. hoch durchlässigen, karstähnlichen Grundwasserleitern mit nachgewiesenen, sehr hohen Grundwasser-Fließgeschwindigkeiten, wie z. B. im Verbreitungsgebiet des Buntsandsteins im Nordschwarzwald, sind Erdwärmesondenbohrungen bei vorhandener schützender Überdeckung (gering durchlässige bzw. hydraulisch trennende Schichten) aus hydrogeologischer Sicht ebenfalls nur bis maximal zur Basis der schützenden Überdeckung (mit Sicherheitszuschlag) möglich. Bei fehlender Überdeckung sind bei diesen hoch durchlässigen Grundwasserleitern Erdwärmesonden in Zone IIIB aus hydrogeologischer Sicht nicht möglich.

Eine Sonderstellung („hydrogeologische Sondersituation“) nehmen für die öffentliche Wasserversorgung genutzte Brunnenfassungen mit einer sehr mächtigen, geringdurchlässigen Überdeckung des genutzten Grundwasserleiters, gegebenenfalls auch mit gespannten Druckverhältnissen, ein. Die nach den gültigen Richtlinien und Kriterien erfolgte Abgrenzung der Wasserschutzgebiete ergab hier aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse vergleichsweise kleine Wasserschutzgebiete, bei deren Abgrenzung Auswirkungen tiefer Bohrungen, wie sie im Rahmen des Baus von Erdwärmesondenanlagen erfolgen, noch nicht berücksichtigt wurden. Im Umfeld dieser Wasserschutzgebiete sind der Bau und Betrieb von Erdwärmesonden nicht erlaubt oder nur im Rahmen eines Erlaubnisverfahrens nach fachlicher Prüfung, gegebenenfalls mit besonderen Auflagen, zulässig.

In den angeführten Fällen, in denen Erdwärmesonden in Schutzgebieten aus hydrogeologischer Sicht möglich sind, darf i.d.R. als Wärmeträgerflüssigkeit nur Wasser verwendet werden.

Für Quellenschutzgebiete staatlich anerkannter Heilquellen gelten die zuvor genannten Regelungen.

Im Informationssystem ISONG wird in der Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde auf die Lage des gewählten Bohrpunktes in einem Wasser- oder Heilquellenschutzgebiet hin-



gewiesen und angezeigt, ob der Bau von Erdwärmesondenanlagen aus hydrogeologischer Sicht möglich ist, bzw. welche Bohrtiefenbeschränkungen zu beachten sind. Die Darstellung der Schutzgebiete basiert auf dem Datensatz der Umweltverwaltung, ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Schutzgebiete, für die die gleichen Regelungen wie für rechtskräftige Schutzgebiete gelten (Stand der Schutzgebiete Juni 2015). Die Schutzgebietsgrenzen sind zum Teil nicht flurstücksgenau und in einigen Fällen nicht aktuell. Die Aktualisierung und Aufarbeitung der Schutzgebiete für ISONG kann wegen des damit verbundenen hohen Aufwandes nur in festgelegten Zyklen erfolgen. Ergänzend werden im Informationssystem ISONG die Nahbereiche von staatlich anerkannten Heilquellen ohne Schutzgebiet dargestellt.

Eine verbindliche Auskunft über die Lage des gewählten Bohrpunktes in einem Wasser- oder Heilquellenschutzgebiet und über wasserwirtschaftliche Einschränkungen in Schutzgebieten, Einzugsgebieten von Mineralwassernutzungen sowie Nahbereichen sensibler Grundwassernutzungen erteilt das zuständige Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises.

2.5 Geotechnisch/hydrogeologische Risiken beim Bau einer Erdwärmesondenanlage

Mit dem Abteufen von Erdwärmesondenbohrungen sind Risiken verbunden, die im ungünstigen Fall zu erheblichen Folgeschäden führen können. In kritischen Fällen und bei Erdwärmesondenfeldern sind daher eine standortbezogene Beurteilung des Baugrunds, eine richtige Dimensionierung der Erdwärmesondenanlage und eine Bauüberwachung durch eine(n) in der Dimensionierung von Erdwärmesondenanlagen, in der Bohr- und Ausbautechnik sowie in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) empfohlen bzw. teilweise von den LQS EWS vorgeschrieben.

Die Risiken lassen sich in vielen Fällen durch eine sorgfältige Planung und Vorsorge minimieren bzw. vermeiden. Dazu gibt das Informationssystem ISONG in der Standortbeurteilung einer geplanten Erdwärmesonde folgende Hinweise:

Karbonat- und Auslaugungsgestein mit möglichen Karsthohlräumen oder größeren Spalten im Untergrund: Bei Karbonat- und Auslaugungsgestein im Untergrund weist das Informationssystem ISONG am gewählten Bohrpunkt auf bohr- oder ausbautechnische Schwierigkeiten und/oder Baugrunds Schäden wegen möglicher Karsthohlräume oder größerer Spalten hin. Bohrungen sind bei deutlichem Spülungsverlust (mehr als 2 l/s) sowie beim Anbohren von Hohlräumen größer 2 m Tiefe abubrechen. Ein Abbruch der Bohrung(en) kann erforderlich werden, da die Gefahr besteht, dass das Bohrloch nicht mehr wirksam abgedichtet oder durch einen unzureichenden Gebirgsanschluss die Effizienz der Erdwärmesonde herabgesetzt werden kann. Liegt die Verkarstung weniger als 50 m unter der Geländeoberfläche, sind bohrbedingte Verbrüche mit Setzungen an der Erdoberfläche nicht auszuschließen.



Sulfathaltiges Gestein im Untergrund: Beim Auftreten anhydrithaltiger Gesteine kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Funktionsfähigkeit der Erdwärmesonde(n) als Folge der Umwandlung von Anhydrit in Gips unter Volumenzunahme im Laufe der Zeit eingeschränkt wird bzw. verloren geht. Bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips sind Geländehebungen durch Volumenzunahme und hieraus resultierende Schäden, die auch über die unmittelbare Umgebung des Bohransatzpunktes hinausreichen können, nicht auszuschließen. Deshalb sind Bohrungen beim ersten Auftreten von Gips oder Anhydrit im Bohrgut (entspricht dem Gips- bzw. Anhydritspiegel) abzubrechen. Die Tiefenlage des Gips-/Anhydritspiegels kann engräumig stark variieren bzw. die Sulfatgesteine können lokal vollständig ausgelaugt sein. Die fachtechnische Vor-Ort-Betreuung der Bohrung(en) durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) ist daher erforderlich. ISONG weist am gewählten Bohrpunkt auf die Tiefenlage der geologischen Einheiten hin, die Gips und Anhydrit führen können. Wenn in sulfathaltiges Gestein gebohrt wurde, müssen die Bohrung(en) von der Endtiefe bis mindestens 1 m über die Oberkante des sulfathaltigen Gesteins dauerhaft abgedichtet werden. Darüber können sie als Erdwärmesonden ausgebaut werden. Bei Erdwärmesondenanlagen mit bis zu 5 Bohrungen sind alle, bei Anlagen mit mehr als 5 Bohrungen sind eine festzulegende Anzahl an Bohrungen zu betreiben, die von der geologischen Situation abhängig ist. Die betreuten Bohrungen sind repräsentativ auf dem Bohrgelände zu verteilen. Werden durch die betreuten Bohrungen wechselnde geologische Verhältnisse angetroffen, muss die Anzahl der betreuten Bohrungen nach Vorgabe der(des) betreuenden Geowissenschaftlers(in) erhöht werden.

Zementangreifende Grundwässer im Untergrund: Das Informationssystem ISONG weist am gewählten Bohrpunkt auf zementangreifendes Grundwasser hin, wenn sulfathaltiges oder pyrit-haltiges Gestein im Untergrund vorhanden ist. Zementangreifende Wässer können eine aus herkömmlichem Zement hergestellte Abdichtung schädigen. In solchen Gebieten ist die Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement DIN 1164) erforderlich. Zementangreifende Grundwässer können wegen lateraler und vertikaler Fließvorgänge auch außerhalb von sulfathaltigen Gesteinen vorkommen. Es wird deshalb empfohlen, generell Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement DIN 1164) zu verwenden.

Gasführung im Untergrund: Im Informationssystem ISONG wird darauf hingewiesen, wenn am gewählten Bohrpunkt Gasführung im Untergrund möglich ist. Es handelt sich dabei um die dem RPF/LGRB bekannten Bereiche mit CO₂-Vorkommen und um mögliche Erdgasvorkommen in der Region Bodensee-Oberschwaben, dem Albvorland und um Bereiche des Oberrheingrabens sowie dessen Randschollen. Die Möglichkeit des Auftretens von Gasen (CO₂ oder Erdgas) und Gefährdungen durch Gasaustritte sind vor Aufnahme der Bohrarbeiten ordnungsgemäß durch den Bohrunternehmer oder die von ihm mit der Gefährdungsbeurteilung Beauftragten zu ermitteln und zu beurteilen. Auf dieser Grundlage sind Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen (z. B. Lüftung, gefahrlose Ableitung, Maßnahmen der Bohrlochbeherrschung, u. a., bei Erdgas auch Bohrlochverschlusseinrichtung und Explosionsschutz) vorzusehen und geeignete Arbeitsmittel bereitzustellen. Gegebenenfalls technisch nicht weiter zu vermindern Gasaustritte aus den fertig zementierten Bohrlöchern dürfen nicht zu Gefährdungen führen. Auf die zementangreifende Eigenschaft von freiem Kohlendioxid wird hingewiesen.



Bereits bei der Vorbereitung und Planung der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten bestehen gesetzlich (u. a. nach dem Arbeitsschutzgesetz) begründete Anforderungen, gegebenenfalls zu erwartende gefährliche Gaskonzentrationen zu vermeiden. Im späteren Betrieb der Sonde muss durch die technische Bauausführung der Anlage gewährleistet sein, dass schleichend austretende Gase (Migration) sich nicht in gefährlichen Konzentrationen ansammeln können, erforderlichenfalls sind sie gefahrlos ins Freie abzuführen.

Artesisches Grundwasser: Beim Abteufen einer Erdwärmesondenbohrung kann artesisch gespanntes Grundwasser angetroffen werden. Es besteht dann die Gefahr unkontrollierter Austritte von Grundwasser an der Erdoberfläche. Außerdem kann es beim Anbohren von Artesern infolge Druckabbau und/oder Ausschwemmung von Feinmaterial aus dem Untergrund zu Setzungen im Umfeld der Bohrung(en) kommen. Beim Antreffen von artesisch gespanntem Grundwasser ist deshalb mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen, ob und wie eine Erdwärmesonde eingebaut werden kann oder ob das Bohrloch ohne Sondeneinbau dauerhaft abgedichtet werden muss. Ausführungen zum sachgerechten Umgang mit stark gespannten bzw. artesisch gespannten Grundwasserverhältnissen sind in den LQS EWS enthalten. Das Informationssystem ISONG weist sowohl am gewählten Bohrpunkt als auch flächenhaft auf die dem RPF/LGRB bekannten Bereiche hin, in denen das Grundwasser möglicherweise artesisch gespannt ist.

Sensible Grundwassernutzungen: Wenn ein Erdwärmesondenstandort im näheren Umfeld einer dem RPF/LGRB bekannten, nicht öffentlichen Grundwassernutzung (z. B. Mineralwassergewinnung) liegt, können Beeinträchtigungen des genutzten Grundwassers nicht ausgeschlossen werden. Der zu schützende Bereich ist im Informationssystem ISONG pauschal durch einen Kreis mit 200 m Radius um die Fassung dargestellt. Darin sind der Bau und Betrieb einer Erdwärmesonde aus hydrogeologischer Sicht nicht möglich, solange nicht durch eine(n) in der regionalen Geologie erfahrene(n) Geowissenschaftler(in) nachgewiesen ist, dass die sensible Grundwassernutzung durch die Bohrung(en) nicht beeinträchtigt wird.

Rutschgefährdete Gebiete: In rutschgefährdeten Gebieten kann die Hangstabilität durch die Einrichtung des Bohrplatzes sowie durch die Bohrausführung, z. B. durch Bohrspülung, vermindert werden. Eine Beschädigung der Erdwärmesonde durch Abscheren infolge von Kriechbewegungen ist nicht auszuschließen. Im Informationssystem ISONG wird am gewählten Bohrpunkt allgemein, standortunspezifisch auf diese Risiken hingewiesen. Liegen dem LGRB am gewählten Bohrpunkt konkrete Hinweise auf bereits stattgefundene Massenbewegungen vor, ist eine weitergehende Beurteilung durch eine(n) Sachverständige(n) erforderlich.

Weiterhin wird nicht standortbezogen in allgemeiner Form auf die folgenden geotechnischen Risiken hingewiesen:

Organische Böden: Sind am gewählten Bohrpunkt oberflächennah organische Böden, z. B. Torf, verbreitet und werden diese durch die Bohrmaßnahme entwässert, kann dies zu Geländesetzungen und zu Schäden an der benachbarten Bebauung führen. Daher ist sicherzustellen, dass es im Zuge der Bohrarbeiten zu keiner Entwässerung organischer Böden kommt.



Ölschiefer: Steht Ölschiefer der Posidonienschiefer-Formation (Unterjura) oder Arietenkalk-Formation (Unterjura) oberflächennah an (< 20 m unter Gelände), neigt dieser bei Austrocknung (z. B. nach Überbauung, Drainage, Wärmeeintrag) zu teils erheblichen Baugrundhebungen in Folge von Gipskristallisation. Es ist daher sicherzustellen, dass weder die Bohrung(en) noch die Leitungsgräben der Erdwärmesonde(n) zu einer dauerhaften Veränderung des Bodenwasserhaushalts (Austrocknung) führen.

Die Hinweise geben den Stand der Kenntnisse und Erfahrungen am RPF/LGRB wieder. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass neben den aufgeführten auch bisher nicht bekannte Bohrrisiken im Zusammenhang mit dem Bau von Erdwärmesonden auftreten.

2.6 Erfordernis einer wasserrechtlichen Erlaubnis und/oder eines bergrechtlichen Bescheids für die Errichtung einer Erdwärmesondenanlage

Alle Erdwärmesondenbohrungen müssen gemäß § 4 Lagerstättengesetz und nach Bergrecht dem RPF/LGRB als zuständiger geowissenschaftlicher Fachbehörde spätestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten vom Bohrunternehmer angezeigt werden. Hierfür bietet das RPF/LGRB die Internetanwendung Bohranzeigensystem (BANZ) an, in dem die Bohranzeigen ohne Papieraufwand online erfasst werden können (<http://lgrb-bw.de/informationssysteme/geoanwendungen/banz>). Erdwärmesondenbohrungen, die mehr als 100 Meter in den Untergrund eindringen werden nach Bergrecht von der Landesbergdirektion (Ref. 97 im RPF/LGRB) als zuständiger Bergbehörde überprüft. Im Einzelfall kann die Bohrung betriebsplanpflichtig sein. Bei Inanspruchnahme mehrerer Grundstücke zur Erschließung und Nutzung der Erdwärme sind unabhängig von der Tiefe der Bohrung(en) bergrechtliche Gestattungen und Betriebspläne nach Bergrecht erforderlich. Die bergrechtlichen Bescheide als Ergebnis der Prüfung werden an den Antragsteller übermittelt.

Alle Erdwärmesondenbohrungen müssen zudem der zuständigen Unteren Wasserbehörde (Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises) angezeigt werden. Die Untere Wasserbehörde prüft das Vorhaben zum Bau einer Erdwärmesondenanlage auf Unbedenklichkeit. Sie wird in unproblematischen Fällen die Erlaubnis im vereinfachten Verfahren erteilen und nur bei problematischen Fällen ein förmliches wasserrechtliches Verfahren einleiten. Wird für das Bohrvorhaben ein bergrechtlicher Betriebsplan gefordert, ist die Bergbehörde auch für das wasserrechtliche Verfahren zuständig.

Zusätzlich ist bei Bohrungen tiefer 100 m eine Prüfung nach dem Standortauswahlgesetz erforderlich. Diese erfolgt durch die zuständige Wasser- oder Bergbehörde ggfs. im Einvernehmen mit dem Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit.

3 Erdwärmekollektoren

Unter Erdwärmekollektoren versteht man flache, oberflächennahe Systeme, die in Tiefen bis 5 m die Erdwärme nutzen. Sie können in Gebieten, in denen die Errichtung von Erdwärmesondenanlagen aufgrund von Bohrtiefenbegrenzungen oder einem generellen Verbot nicht möglich ist, eine alternative Nutzungsmöglichkeit der oberflächennahen Geothermie darstellen. Hinweise zu Erdwärmekollektoren sind im „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmekollektoren“ des UM https://lgrb-bw.de/download_pool/Leitfaden_Erdwaermekollektoren.pdf und der zugehörigen Arbeitshilfe https://lgrb-bw.de/download_pool/Leitfaden_Arbeitshilfe_UM-GWP.pdf zu finden. Ob die benötigte Kollektorenfläche zur Verfügung steht, muss für den Einzelfall kritisch überprüft werden. Dabei ist zu beachten, dass die Kollektoren nicht überbaut werden dürfen.

Die Informationen aus ISONG beschränken sich auf horizontale Erdwärmekollektoren, die langgestreckt oder spiralförmig, in horizontalen Rohrleitungen verlegt werden. Nach der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 sollten die Kollektoren unterhalb der Frostgrenze in einer Tiefe von mindestens 1,2 m und maximal 1,5 m verlegt werden. Erdwärmekörbe, Grabenkollektoren oder Spiralrohre sind gesondert zu betrachten.

Die in ISONG verfügbaren Kartenthemen „Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens [W/(m*K)] in 1-2 m Tiefe“, „Grabbarkeit in 1-2 m Tiefe“ und „Hoher Grundwasserstand“ basieren auf der Auswertung der Bodenkarte und auf der Geologischen Karte von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 50.000 (BK50, GK50). Sie sind nur in kleinen Übersichtsmaßstäben darstellbar (kleiner 1 : 40.000). In Siedlungsbereichen liegen keine Informationen aus der Bodenkarte vor. Die Informationen aus angrenzenden Flächen der Bodenkarte werden mit Hilfe der Geologischen Karte in die Siedlungsbereiche übertragen. Deshalb sind in Siedlungen die Unsicherheiten der Angaben erhöht. Die Umrandungen der Siedlungsbereiche werden in den Kartenthemen zusätzlich dargestellt. Im Bereich von Gewässern, Rohstoffabbauflächen, künstlichen Auffüllungen und in Siedlungsbereichen mit hoher Flächenversiegelung (LANDSAT-Daten 2010) liegen keine ausreichenden Informationen über den Untergrund vor.

Auch bei verfügbaren Informationen über den Untergrund dienen die hier getroffenen Aussagen aufgrund des Kartenmaßstabes, der Heterogenität der Böden und möglicher, nicht in den Karten erfasster anthropogener Veränderungen nur als erste Einschätzung der lokalen Verhältnisse und können eine sorgfältige Planung von Einzelvorhaben nicht ersetzen. **Es wird daher empfohlen, die Planung durch ein Fachbüro mit gegebenenfalls ergänzenden Untersuchungen vor Ort durchführen zu lassen.**

Weitere Hinweise zum Bau von Erdwärmekollektoren, zu rechtlichen Grundlagen und Antragsunterlagen sind im „Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmekollektoren“, 1. Auflage 2008 des UM zu finden (im Folgenden „Leitfaden des UM“; http://lgrb-bw.de/download_pool/Leitfaden_Erdwaermekollektoren.pdf).

3.1 Spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens

Die dem Boden durch Erdwärmekollektoren entzogene Energie wird vor allem in den Sommermonaten durch die Sonneneinstrahlung und ganzjährig durch die Wärme im Niederschlags- und Sickerwasser nachgeliefert. Südlagen und hohe Sickerwassermengen begünstigen, Nordhänge und geringe Sickerwassermengen reduzieren die zur Verfügung stehende Energie. Durch eine zusätzliche Niederschlagswasserversickerung kann der Flächenbedarf eines Erdwärmekollektors verringert werden.

Ob ein Boden genügend Energie aufnehmen, speichern und abgeben kann, hängt von der Dichte, der Bodenart und dem Wassergehalt ab. Die geothermischen Eigenschaften sind beispielsweise günstig bei bindigen (lehmigen), gut durchfeuchteten Böden und ungünstig bei trockenen, sandigen oder skelettreichen Böden. Der Wassergehalt des Bodens spielt aufgrund der hohen Wärmekapazität des Wassers und der erhöhten Wärmeleitfähigkeit wassergesättigter Böden die ausschlaggebende Rolle.

Die für Erdwärmekollektoren zu betrachtende Bodenschicht liegt in 1,2 bis 1,5 m Tiefe. Da der Wärmeentzug überwiegend im Winterhalbjahr erfolgt, wird für die Berechnung der spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Bodens bei nicht grundwasserbeeinflussten Böden der Wassergehalt bei Feldkapazität verwendet. Bei trockeneren Bodenverhältnissen treten geringere spezifische Wärmeleitfähigkeiten auf.

Zur Beurteilung des Bodenwärmehaushalts wird als einziger Parameter die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens (λ) bei Feldkapazität verwendet. Wärmekapazität und thermische Diffusion bleiben unberücksichtigt. Die verwendete Methode zur Ermittlung der spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Bodens, als Maß für das geothermische Potenzial, berücksichtigt die Bodenarten, die Dichte sowie die Feuchteverhältnisse des Bodens (DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von Erdwärmekollektoren. - GeoBerichte 5, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie; Hannover).

Die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens [$W/(m \cdot K)$] in 1-2 m Tiefe wird in Modellen zur Dimensionierung von Erdwärmekollektoranlagen als Eingangsparameter benötigt. Im Kartenthema ist sie in drei Klassen angegeben. Die Klassen entsprechen weniger geeigneten, geeigneten und gut geeigneten geothermischen Verhältnissen.

3.2 Geotechnisch/bodenkundliche Einschränkungen und Risiken beim Bau einer Erdwärmekollektoranlage

Folgende Einschränkungen und Risiken sind in ISONG als Kartenthemen darstellbar:

Grabbarkeit in 1–2 m Tiefe: Die Grabbarkeit des Untergrundes wird aus der petrographischen Beschreibung der Bodenkarte (BK50) abgeleitet. Ist danach im ersten Meter Festgestein oder blockhaltiges Lockergestein anzutreffen, wird der Untergrund als nicht oder nur sehr schwer



grabbar bewertet. Für solche Bereiche werden im Informationssystem keine Angaben zur spezifischen Wärmeleitfähigkeit des Bodens gemacht. Ist zwischen dem ersten und zweiten Meter schuttreiches Lockergestein oder stellenweise Festgestein bzw. blockhaltiges Lockergestein anzutreffen, so ist der Untergrund nur eingeschränkt grabbar. Auch wenn der Untergrund als grabbar bewertet wird, kann es lokal Einschränkungen geben.

Hoher Grundwasserstand: Sind in der BK50 stark grundwasserbeeinflusste Böden ausgewiesen, ist von einem mittleren Grundwasserstand kleiner 1 m unter Gelände auszugehen. Das hohe Grundwasser erhöht zwar die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens, erfordert jedoch gleichzeitig einen erhöhten Installationsaufwand beim Bau einer Erdwärmekollektorenanlage. Gegebenenfalls ist ein wasserrechtliches Genehmigungsverfahren erforderlich.

Weiterhin wird in allgemeiner Form auf folgende geotechnische Risiken hingewiesen, für die in ISONG keine Kartenthemen vorhanden sind:

Organische Böden: Sind an einem Standort oberflächennah organische Böden, z. B. Torf, verbreitet und werden diese durch die Baumaßnahme entwässert, kann dies zu Geländesetzungen und zu Schäden an der benachbarten Bebauung führen. Daher ist sicherzustellen, dass es im Zuge der Arbeiten zu keiner Entwässerung organischer Böden kommt.

Ölschiefer im Untergrund: Steht Ölschiefer der Posidonienschiefer-Formation (Unterjura) bzw. Arietenkalk-Formation (Unterjura) oberflächennah an, neigt dieser bei Austrocknung (z. B. nach Überbauung, Drainage, Wärmeeintrag) zu teils erheblichen Baugrundhebungen in Folge von Gipskristallisation. Es ist daher sicherzustellen, dass weder die Aushubflächen noch die Leitungsgräben der Erdwärmekollektorenanlage zu einer dauerhaften Veränderung des Bodenwasserhaushalts (Austrocknung) führen.

Rutschgefährdete Gebiete: In rutschgefährdeten Gebieten kann die Hangstabilität durch Aushubmaßnahmen verringert werden, so dass ein Auslösen von Hangbewegungen nicht auszuschließen ist. Eine Beschädigung der Erdwärmekollektorenanlage durch Abscheren infolge von Kriechbewegungen ist möglich. Sind an einem Standort konkrete Hinweise auf bereits stattgefundenen Massenbewegungen bekannt, wird eine weitergehende Beurteilung durch eine(n) Sachverständige(n) empfohlen.

Zur Beurteilung eines Standortes hinsichtlich geotechnischer Risiken können die Bodenkarte (BK50), die Geologische Karte (GK50) und die kostenpflichtige Ingenieurgeologische Gefahrenhinweiskarte von Baden-Württemberg im Maßstab 1 : 50.000 herangezogen werden. Sie stehen als Geoanwendungen des LGRB im Internet zur Verfügung (<http://lgrb-bw.de/informationssysteme/geoanwendungen>).

3.3 Einschränkungen für Erdwärmekollektoren durch den Grundwasserschutz (Wasser- und Heilquellenschutzgebiete)

Beim Bau und Betrieb von Erdwärmekollektoren sind Beeinträchtigungen des Grundwassers möglich. Die Baumaßnahme kann bei geringen Grundwasserflurabständen zu einem Eingriff ins Grundwasser führen. Beim Betrieb besteht die Gefahr, dass bei Undichtigkeiten des Rohrsystems Wärmeträgerflüssigkeit austritt und in das Grundwasser gelangt.

In Wasser- und Heilquellenschutzgebieten gilt die jeweilige Schutzgebietsverordnung. Nach den Ausführungen im Leitfaden des UM sind Erdwärmekollektoren in den Schutzgebietszonen I und II sowie in wasserwirtschaftlichen Vorrangflächen (siehe Regionalplan) in der Regel verboten. In den Zonen III / IIIA / IIIB sowie in wasserwirtschaftlichen Vorbehaltsflächen (siehe Regionalplan) können Erdwärmekollektoren unter bestimmten Voraussetzungen zugelassen werden (vgl. „Leitfaden des UM“). Voraussetzung ist, dass der Erdwärmekollektor keinen Kontakt zum Grundwasser hat. Zusätzlich muss unter der Anlage eine flächenhafte, natürliche, bindige Dichtschicht oder eine eingebrachte Dichtschicht eines natürlichen mineralischen Dichtmaterials vorhanden sein. Bei vorhandener Dichtschicht können als Wärmeträgerflüssigkeit dieselben Stoffe wie außerhalb von Wasserschutzgebieten verwendet werden. Bei Betrieb der Anlage ausschließlich mit Wasser kann auf die Dichtschicht verzichtet werden, wenn die Grundwasserüberdeckung zwischen dem Kollektor und dem höchsten Grundwasserstand mindestens 1 m beträgt.

Im Informationssystem ISONG sind die Wasser- und Heilquellenschutzgebiete als Kartenthema verfügbar und dargestellt, ob der Bau einer Erdwärmekollektoranlage aus hydrogeologischer Sicht möglich bzw. unter bestimmten Voraussetzungen möglich ist. Die Schutzgebiete basieren auf dem Datensatz der Umweltverwaltung, ergänzt um die vom RPF/LGRB hydrogeologisch abgegrenzten Schutzgebiete, für die die gleichen Regelungen wie für rechtskräftige Schutzgebiete gelten (Stand der Schutzgebiete März 2015). Die Schutzgebietsgrenzen sind zum Teil nicht flurstücksgenau und in einigen Fällen nicht aktuell. Die Aktualisierung und Aufarbeitung der Schutzgebiete für ISONG kann wegen des damit verbundenen hohen Aufwandes nur in festgelegten Zyklen erfolgen. Ergänzend werden im Informationssystem ISONG die Nahbereiche von staatlich anerkannten Heilquellen ohne Schutzgebiet dargestellt.

Weitere Beschränkungen für den Bau von Erdwärmekollektoranlagen können von der Unteren Wasserbehörde zum Schutz staatlich anerkannter Mineralwasser- sowie anderer sensibler Grundwassernutzungen (sonstige Mineralwasser-, Heilwasser-, private Trinkwasser- und hochwertige Brauchwassergewinnungen) in deren Zustrombereich festgelegt sein.

Im Informationssystem ISONG werden die Nahbereiche von Mineralwasser- und anderen sensiblen Grundwassernutzungen sowie - soweit bekannt - die Zustrombereiche von staatlich anerkannten Mineralwassernutzungen als weiteres Kartenthema dargestellt.

Eine verbindliche Auskunft über die Lage eines Standorts in einem Wasser- oder Heilquellenschutzgebiet und über wasserwirtschaftliche Einschränkungen in Schutzgebieten, Zustrombe-



reichen von Mineralwassernutzungen sowie Nahbereichen sensibler Grundwassernutzungen erteilt das zuständige Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises.

3.4 Erfordernis einer wasserrechtlichen Erlaubnis für den Bau einer Erdwärmekollektorenanlage

Erdwärmekollektoren ohne Kontakt zum Grundwasser und außerhalb von Wasserschutzgebieten werden anzeigefrei errichtet. Bei geringem Grundwasserflurabstand kann es zu einem Eingriff ins Grundwasser kommen, der anzeigepflichtig ist und eine wasserrechtliche Erlaubnis erfordert. Das unvorhergesehene Antreffen von Grundwasser ist der Unteren Wasserbehörde unverzüglich mitzuteilen und die Arbeiten sind einstweilen einzustellen. Die Untere Wasserbehörde entscheidet über das weitere Vorgehen.

Innerhalb von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten gilt die jeweilige Schutzgebietsverordnung. Eine Ausnahmegenehmigung oder Befreiung vom Verbot ist zu beantragen. Zuständig ist die Untere Wasserbehörde (das Umweltamt des jeweiligen Stadt- oder Landkreises).



4 Adressen und Links

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg

Postfach 10 01 63

76231 Karlsruhe

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>

Regierungspräsidium Freiburg

Abt. 9 Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Albertstraße 5

D-79104 Freiburg i. Br.

<http://www.lgrb-bw.de>

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Kernerplatz 9

70182 Stuttgart

<http://www.um.baden-wuerttemberg.de>

5 Glossar

Anhydrit	Mineral (CaSO_4), im Gegensatz zu <i>Gips</i> wasserfrei, oft gesteinsbildend
Anhydritspiegel	Grenze zum anhydritführenden Gebirge (meist wenige Meter unter dem <i>Gipsspiegel</i>)
artesisches Grundwasser	<i>Grundwasser</i> , dessen Druckfläche über der Erdoberfläche liegt und das beim Anbohren an der Erdoberfläche austritt
Doppel-U-Sonde	<i>Erdwärmesonde</i> , bei der zwei U-förmige Kunststoffrohre in ein Bohrloch eingebracht werden; meist bei kleineren Einzelanlagen verwendet
Erdwärme	Energie, die in Form von Wärme im Untergrund gespeichert ist
Erdwärmesonde	In einem Bohrloch installiertes Rohrsystem, in dem in einem geschlossenen Kreislauf ein <i>Wärmeträger</i> zirkuliert und dem Untergrund Wärme entzieht
Erdwärmesondenfeld	Anlage mit mehr als 4 Erdwärmesondenbohrungen
Gips	Mineral ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$), oft gesteinsbildend



Gipsspiegel	Grenze zwischen sulfatfreiem und gipsführendem Gebirge (meist wenige Meter über dem <i>Anhydritspiegel</i>)
Grundwasser	Unterirdisches Wasser, das die Hohlräume des Gesteins zusammenhängend ausfüllt
Grundwasserleiter	Gesteinskörper, der geeignet ist, <i>Grundwasser</i> weiterzuleiten (mit einer vergleichsweise höheren Durchlässigkeit)
Grundwasserstand	Höhe des Grundwasserspiegels, bezogen auf Normal-Null [m NN]
Grundwasserstockwerk	<i>Grundwasserleiter</i> einschließlich der Begrenzung durch überlagernde und unterlagernde geringdurchlässige Schichten
Geothermische Energie	synonym mit <i>Erdwärme</i>
Heilquellenschutzgebiet	Gebiet, in dem zum Schutz von genutzten Heilquellen bestimmte Handlungen untersagt oder nur mit Auflagen erlaubt sind
Jahresbetriebsstunden	Jährliche Betriebszeit der Wärmepumpe einer <i>Erdwärmesonde</i> [h/a]
Karsthohlraum	Durch Lösung von Gestein im Untergrund entstandener Hohlraum
Kluft	Durch Spannungsabbau im Festgestein entstandene aufgeweitete Trennfläche (Fuge/Spalte)
Koaxialsonde	<i>Erdwärmesonde</i> , bei der zwei Rohre mit unterschiedlichem Durchmesser konzentrisch in das Bohrloch eingebracht werden; im äußeren Ringraum steigt die <i>Wärmeträgerflüssigkeit</i> ab, im inneren wird sie nach oben gefördert; meist bei größeren Anlagen angewendet
kumulative Wärmezugsleistung	Über eine bestimmte Tiefe aufsummierte <i>Wärmezugsleistung</i> [W]
Lockergestein	unverfestigtes Gestein
Randschollen	Bereiche am Rand des Oberrheingrabens, für die wegen der komplexen geologischen Verhältnisse bislang kein geologisches 3D-Modell erarbeitet wurde



Ringraumhinterfüllung	Hinterfüllung der ins Bohrloch eingebrachten Erdwärmesonden (i. d. R. eine Zement-Bentonit-Mischung) zur dauerhaften Abdichtung des Bohrlochs
spezifische Wärmeentzugsleistung	<i>Wärmeentzugsleistung</i> pro Meter Gestein [W/m]
Spülungsverlust	Verlust der beim Bohren verwendeten Flüssigkeit durch Übertritt ins Gebirge
Wärmeentzugsleistung	dem Untergrund entziehbare Energiemenge [W].
Wärmeträger	Flüssigkeit oder Gas, die in einer <i>Erdwärmesonde</i> zirkulieren und die Erdwärme an die Erdoberfläche transportieren; meist ein Gemisch von Wasser und Glykol
Wasserschutzgebiet	Gebiet, in dem zum Schutz genutzter Grundwasservorkommen bestimmte Handlungen untersagt oder nur mit Auflagen erlaubt sind