



Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme

LANUV-Arbeitsblatt 39

Wasserwirtschaftliche Anforderungen an die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme

LANUV-Arbeitsblatt 39

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Recklinghausen 2019

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0, Telefax 02361 305-3215 E-Mail: poststelle@lanuv.nrw.de
Projektbearbeitung	Die Erarbeitung der Inhalte und die inhaltliche Abstimmung erfolgte durch eine Arbeitsgruppe unter Leitung des LANUV, Fachbereich Grundwasser, Wasserversorgung, Trinkwasser, Lagerstättenabbau
Bearbeitung	Dr. Michael Eisele (LANUV), Christoph Rapp (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, MULNV)
Weitere Verfasser	Dr. Sabine Bergmann (LANUV), Hanka Bierwagen (Stadt Hagen), Thomas Dietz (Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft), Dr. Manfred Dümmer (BUND), Hans-Jürgen Fragemann (MULNV), Bernhard Holzappel (Stadt Oberhausen), Joachim Loheide (Bezirksregierung Detmold), Dietmar Leipertz (Kreis Düren), Thomas Müller (Stadt Bottrop), Stefan Kuhn (Stadt Essen), Norbert Lindberg (Kreis Recklinghausen), Thomas Resch (Stadt Dortmund), Ingo Schäfer (Geologischer Dienst NRW), Leonard Thien (Energieagentur NRW), Ernst-Guenter Weiss (Bezirksregierung Arnsberg)
Titelfoto	©fotolia/RGtimeline
ISSN	2197-8336 (Print), 1864-8916 (Internet), LANUV-Arbeitsblätter
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • www.lanuv.nrw.de Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

Vorwort

Die Nutzung oberflächennaher Erdwärme ist ein wichtiger Baustein, um die Ziele der Energiewende auch im Bereich der Wärmeerzeugung zu erreichen. Die im Rahmen des Aufbaus des Energieatlas Nordrhein-Westfalen durchgeführte Potenzialstudie zur Geothermie (LANUV-Fachbericht 40) hat ergeben, dass ein erheblicher Teil der in Nordrhein-Westfalen benötigten Wärme über Erdwärmenutzung gewonnen werden könnte.

Für den weiteren Ausbau der Erdwärmenutzung ist es unabdingbar, dass bei der Errichtung entsprechender Anlagen den wasserwirtschaftlichen Anforderungen – insbesondere dem Schutz des Grundwassers – Rechnung getragen wird. Die im LUA-Merkblatt 48 aus dem Jahr 2004 dazu enthaltenen Anforderungen mussten an neue Erkenntnisse zu bisher aufgetretenen Schäden, den technischen Fortschritt sowie an aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen und neuere technische Regelwerke angepasst werden. Auch sollte der Geltungsbereich neben den Erdwärmesonden auf andere für viele Standorte wichtige Techniken ausgedehnt werden, um die geothermischen Potenziale möglichst optimal nutzen zu können. Im Arbeitsblatt nicht behandelt sind Techniken der tiefen Geothermie > 400 m, die gesondert zu betrachten sind.

Im nun vorliegenden Arbeitsblatt 39 werden die wasserrechtlichen Grundlagen, die fachtechnischen Anforderungen des Grundwasserschutzes an Planung, Errichtung, Betrieb und Stilllegung und die Anforderungen an die Einleitung von Wärme sowie die besonderen Anforderungen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten beschrieben. Die Inhalte des Arbeitsblatts wurden durch eine Arbeitsgruppe aus Vertretern von Wasserbehörden, Geologischem Dienst NRW, Bergbehörde, der Geothermiebranche, Wasserversorgung und Naturschutzverbänden unter Federführung des LANUV im Auftrag des damaligen MKULNV zusammengetragen und durch LANUV und MULNV bearbeitet.

Ich danke allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe und Fachleuten, die am Zustandekommen dieses Arbeitsblattes beteiligt waren.



Dr. Thomas Delschen
Präsident des Landesamtes für Natur,
Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Inhalt

1	Einführung	9
1.1	Geltungsbereich	10
1.2	Anlagentypen.....	11
2	Rechtliche Grundlagen.....	13
2.1	Wasserrecht	13
2.1.1	Grundsätze zur Anzeige und Erlaubnis von Benutzungen	13
2.1.2	Wasserrechtliche Erwägungen im Zusammenhang mit Geothermischen Anlagen	14
2.1.2.1	Erdwärmesonden bzw. -kollektoren, die oberhalb der ersten grundwasserführenden Schicht in den Boden eingebracht werden.....	15
2.1.2.2	Erdwärmesonden bzw. -kollektoren, die in das Grundwasser eingebracht werden.....	15
2.1.2.3	Grundwasserwärmepumpen.....	16
2.2	Bodenschutzrecht.....	16
2.3	Bergrecht.....	16
2.4	Anzeigepflichten nach Lagerstättengesetz.....	17
2.5	Betriebssicherheitsverordnung, Gefahrstoffverordnung	18
3	Standortkriterien und Planung für Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Erdwärme.....	20
3.1	Standortkriterien und Planung für Erdwärmesonden.....	21
3.1.1	Allgemeine Standortkriterien.....	21
3.1.2	Geologisch und/oder bergbaulich bedingte Risiken	22
3.1.3	Bemessung der Anlage	24
3.1.4	Zulässiger Temperaturbereich und Temperaturüberwachung	25
3.1.5	Mindestabstände	25
3.1.6	Bohrtiefe	26
3.2	Standortkriterien und Planung für Erdwärmekollektoren (inklusive andere flachgründige Techniken / „Flachkollektoren“).....	27
3.2.1	Allgemeine Standortkriterien.....	28
3.2.2	Bemessung und Mindestabstände.....	29
3.2.3	Besonderheiten bei Anlagen mit Direktverdampfern	30
3.3	Standortkriterien und Planung für Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen)	30
3.3.1	Allgemeine Standortkriterien.....	32
3.3.1.1	Hydrogeologische Rahmenbedingungen	33
3.3.1.2	Grundwasserbeschaffenheit	34
3.3.2	Einzuhaltende Grundwassertemperaturen und daraus resultierende Anforderungen an die Planung	35
3.3.3	Hydraulische Auswirkungen und daraus resultierende Anforderungen an die Planung und Zulassung	36
3.3.4	Aus der Grundwasserbeschaffenheit resultierende Anforderungen an die Planung	38
3.4	Informationsangebote	38

4	Besondere Anforderungen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten.....	42
4.1	Grundsätzliche Anforderungen in Schutzgebieten	42
4.1.1	Schutzgebiete für die öffentliche Trinkwasserversorgung aus Grundwasser.....	42
4.1.2	Schutzgebiete von Talsperren für die öffentliche Trinkwasserversorgung	43
4.1.3	Heilquellenschutzgebiete	43
4.1.4	Anlagen zur Erdwärmenutzung im Einzugsgebiet einer Entnahme zur öffentlichen Trinkwasserversorgung ohne Schutzgebiet	43
4.2	Besondere Anforderungen/Restriktionen an die Techniken zur Erdwärmenutzung in Schutzgebieten.....	44
4.2.1	Erdwärmesonden.....	44
4.2.2	Erdwärmekollektoren	45
4.2.3	Grundwasserwärmepumpen	46
5	Anforderungen an die Errichtung von Erdwärmeanlagen (Erdarbeiten, Bohrung, Anlageneinbau)	48
5.1	Anforderungen an die Errichtung von Erdwärmesonden	48
5.1.1	Anforderungen an die Ausführung	49
5.1.1.1	Qualifikation der ausführenden Unternehmen.....	49
5.1.1.2	Bohrarbeiten	50
5.1.1.3	Spülungszusätze	51
5.1.2	Anforderungen an das Material von Erdwärmesonden und die Verarbeitung.....	51
5.1.2.1	Grundsätzliche Anforderungen	51
5.1.2.2	Produktanforderungen	52
5.1.3	Anforderungen an Sondereinbau, Leitungsverlegung, Verpressmaterial und an die Verarbeitung	53
5.1.3.1	Anforderungen an den Einbau der Sonden in die Bohrung	53
5.1.3.2	Anforderungen an das Verpressmaterial.....	54
5.1.3.3	Anforderungen an den Verpressvorgang	55
5.1.3.4	Druckprüfung der eingebauten Erdwärmesonde	56
5.1.3.5	Anschluss der Erdwärmesonden an die Wärmepumpe.....	56
5.1.3.6	Füllen und Entlüften.....	57
5.1.4	Abschlussdokumentation und Inbetriebnahme.....	58
5.2	Anforderungen an die Errichtung Erdwärmekollektoren und anderen flachgründigen Techniken sowie von Direktverdampfern	59
5.2.1	Anforderungen an die Ausführung	59
5.2.1.1	Qualifikation der ausführenden Unternehmen.....	59
5.2.1.2	Erdarbeiten.....	60
5.2.1.3	Anforderungen an das Material und die Verarbeitung	60
5.2.1.4	Anforderungen an den Einbau und die Leitungsverlegung.....	60
5.2.1.5	Abschlussdokumentation und Inbetriebnahme.....	61
5.2.2	Besondere Anforderungen an Einbau und Material bei Anlagen mit Direktverdampfern	61
5.3	Anforderungen an die Errichtung von Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen)	62
5.3.1	Anforderungen an den Brunnenbau	62
5.3.1.1	Bohrarbeiten	62
5.3.1.2	Anforderungen an Brunnenausbau, -material und Abschlussbauwerk	63

6	Anforderungen an Betrieb, Betriebsmittel und die Außerbetriebnahme von Erdwärmeanlagen.....	66
6.1	Betriebsstoffe und Anlagensicherheit.....	66
6.1.1	Grundsätze	66
6.1.2	Anforderungen an Wärmeträgermedien und Zusätze (Öle, Additive) in Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren.....	67
6.1.3	Anforderungen an Wärmeträgermedien und Additive in Erdwärmeanlagen mit Direktverdampfertechnik	68
6.2	Anforderungen an den Betrieb	68
6.2.1	Betrieb von Erdwärmesonden und Anlagensicherungssysteme	68
6.2.2	Betrieb von Erdwärmekollektoren und Anlagensicherungssysteme	69
6.2.3	Betrieb von Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen).....	70
6.3	Anforderungen an die Außerbetriebnahme	71
6.3.1	Außerbetriebnahme von Erdwärmesonden.....	71
6.3.2	Außerbetriebnahme von Erdwärmekollektoren	72
6.3.3	Außerbetriebnahme von Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen).....	72
7	Anforderungen bei Anlagen zur Kühlung oder Wärmespeicherung	73
7.1	Anforderungen an das Material.....	73
7.2	Anforderungen an die Einleitung von Wärme / Warmwasser in den Untergrund und an Wärmespeicher.....	73
8	Umwelt- und Arbeitsschutz bei der Errichtung von Erdwärmeanlagen.....	77
9	Literaturverzeichnis.....	78

- Anhang 1:** Hinweise für größere Erdwärmeanlagen
- Anhang 2:** Altbergbau im tagesnahen und oberflächennahen Bereich.
- Anhang 3:** Information zum Differenzdruck (Überdruck von außen nach innen) am Erdwärmesondenfuß.
- Anhang 4:** Als Wärmeträger zugelassene Mittel nach Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren
-
- Anlage 1:** Musterantrag zur Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis zum Betrieb von Erdwärmesonden
- Anlage 2:** Anzeige für Bohrungen, die mehr als 100 m in den Boden eindringen sollen (Rechtsgrundlage: § 127 Abs. 1 BbergG)
- Anlage 3:** Schematisierter Brunnenausbau

1 Einführung

Die Nutzung geothermischer Energie bzw. die Nutzung erdgekoppelter Wärme- und Kältespeicher mittels Wärmepumpentechnik stellt eine umweltfreundliche Option zur Deckung des Wärmebedarfs bei der Gebäudeheizung und Kühlung sowie zur Warmwasserbereitung im privaten und gewerblichen Bereich dar. Voraussetzung ist die Einhaltung entsprechender umweltrechtlicher Anforderungen und technischer Mindeststandards.

Bei der Nutzung von Erdwärme erfolgt naturgemäß ein Eingriff in den Untergrund. Je nach eingesetzter Technik werden wasserführende Gesteinsschichten mittelbar oder unmittelbar erfasst und häufig werden wassergefährdende Stoffe eingesetzt. Sowohl die Bohrung selbst als auch der Einsatz von wassergefährdenden Stoffen als Wärmeträgermittel im Untergrund stellen für das Grundwasser eine potenzielle Gefährdung dar, der mit entsprechenden Maßnahmen begegnet werden muss. Eine sorgfältige Standortprüfung ist unabdingbar.

Um ein Risiko für den Grundwasser- und Trinkwasserschutz sowie für langfristig zu schützende tiefe Grundwasservorräte, Mineral- und Heilwasservorkommen auszuschließen, sind an Erdwärmeanlagen konkrete wasserwirtschaftliche Anforderungen zu stellen und verbindlich im Rahmen behördlicher Entscheidungen festzuschreiben. So zeigt die Erfahrung der vergangenen Jahre, in denen zahlreiche Erdwärmesonden niedergebracht wurden, dass eine dauerhaft beständige Ringraumabdichtung mit den bisher eingesetzten Verfüllstoffen und im bislang üblichen Temperaturbereich nicht immer dauerhaft gewährleistet werden konnte. Schwachstellen im Ringraum können zu Wasserwegsamkeiten und in der Folge zu Grundwasserverunreinigungen führen. Eine dauerhaft dichte Verpressung zur Bohrlochabdichtung ist unabdingbar, um den Eintrag von Schadstoffen von der Tagesoberfläche in das Grundwasser, sowie schädliche Veränderungen und Schadstoffeinträge in tiefere, normalerweise gegenüber anthropogenen Verunreinigungen geschützte, Grundwasservorkommen zu verhindern. Besonders an das Verpressmaterial und an den Verpressvorgang sowie an die Druck- und Temperaturüberwachung des Wärmequellen(Sole)-kreislaufs sind daher strenge Anforderungen zu stellen.

Diese und weitere Erkenntnisse zu den bislang bekannt gewordenen Anlagen- und Umweltschäden im Bereich der Erdwärmenutzung und deren Ursachen sowie die Notwendigkeit zur Aktualisierung der umweltrechtlichen Bezüge und Verweise auf aktuelle technische Regeln, neue Erkenntnisse und Anforderungen zum Einsatz wassergefährdender Stoffe und nicht zuletzt der technische Fortschritt im Bereich der oberflächennahen Geothermie machten die Überarbeitung des in Nordrhein-Westfalen bisher geltenden LUA-Merkblattes 48 „Wasserwirtschaftliche Anforderungen an Anlagen zur Gewinnung von oberflächennaher Erdwärme“ aus dem Jahre 2004 erforderlich. Im Auftrag des damaligen MKULNV haben sich im Zeitraum 2013-2015 Vertreter der Wasser- und Bergbehörden in Nordrhein-Westfalen, des Geologischen Dienstes NRW und der Energieagentur NRW, Vertreter von Bohrunternehmen und der Geothermiebranche, Fachexperten und Vertreter von Umwelt- und Naturschutzverbänden und der Wasserversorgungsunternehmen unter Federführung des LANUV zu einem Arbeitskreis zusammengeschlossen und das vorliegende Arbeitsblatt erarbeitet. Die bundesweiten Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), des Umweltbundesamtes sowie die aktuellen Leitfäden und Regelungen der anderen Bundesländer wurden dabei berücksichtigt.

Das vorliegende Arbeitsblatt gilt für Anlagen zur oberflächennahen Erdwärmenutzung in NRW und legt die wasserwirtschaftlichen Anforderungen an Standortprüfung, Planung, Bau und Betrieb, sowie an Materialien, die Qualifikation der Bohrunternehmen, die Überwachung der Bohrung und die Betriebsführung und Außerbetriebnahme im Sinne eines Mindeststandards fest. Dadurch soll sowohl für den Grundwasserschutz als auch für die Langlebigkeit und Effizienz der Anlagen ein sicheres Fundament gelegt werden. Dies kommt sowohl den Planern und Anlagenbetreibern (Nutzern), als auch dem genannten Ziel einer nachhaltigen, klimafreundlichen und sicheren Energiegewinnung in Nordrhein-Westfalen sowie dem Gewässerschutz zugute. Die Anforderungen richten sich an die Wasserbehörden, Planer und mit dem Anlagenbau beauftragten Fachbetriebe. Als Lebensvoraussetzung hat der Schutz der Grundwasser- und Trinkwasservorkommen gegenüber energiepolitischen Zielen grundsätzlichen Vorrang.

1.1 Geltungsbereich

Unter **oberflächennaher Erdwärmenutzung** werden die Nutzung der im Erdreich gespeicherten sowie der im Untergrund / Grundwasser vorherrschenden Wärme bis zu einer Tiefe von 400 m verstanden.

Größere Anlagen (>30 kW bei Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren) müssen hinsichtlich Standortbeurteilung, Planung, Bauausführung, Qualitätssicherung, Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und Materialien und Anlagenbetrieb grundsätzlich dieselben wasserwirtschaftlichen Anforderungen zum Schutz des Grundwassers einhalten, wie sie im vorliegenden Arbeitsblatt beschrieben werden. Die hier formulierten Anforderungen gelten somit auch für diese Anlagen als Mindeststandard. An die technische Umsetzung, Qualitätssicherung und Überwachung sind in der Regel jedoch andere oder darüber hinaus gehende Anforderungen einzuhalten (vgl. Anhang 1).

Abweichungen von den hier formulierten technischen Vorgaben sind grundsätzlich möglich, wenn nachweislich sichergestellt ist, dass die wasserrechtlichen Anforderungen des Gewässerschutzes nach WHG (u.a. §§ 5, 6, 47-48, 52, 53) mindestens in vergleichbarer Weise erfüllt werden, wie es die hier beschriebenen Standards bzw. Restriktionen zu leisten vermögen. Dies bedeutet, dass die jeweils eingesetzte Technik qualitätsgesichert ist, den rechtlichen Anforderungen Genüge leistet und mindestens dieselben Sicherheitsstandards aufweisen muss, wie die hier beschriebene Technik. Auf diese Weise werden technische Weiterentwicklungen ermöglicht.

Bei der **Planung einer Anlage zur Erprobung oder Einführung einer neuen bzw. vom Stand der Technik abweichenden Technik** in einem Gebiet oder einer Teufe, die nach den hier beschriebenen Grundsätzen aufgrund der bisherigen technischen Möglichkeiten einer Restriktion unterliegt, ist eine eingehende Prüfung der wasserwirtschaftlichen Aspekte durch die Wasserbehörde (ggf. unter Einbeziehung des LANUV), der standörtlichen Gegebenheiten durch die Bergbehörde und den Geologischen Dienst sowie eine unabhängige Prüfung und intensive Kontrolle der einzusetzenden Technik durch ausgewiesene Experten erforderlich.

1.2 Anlagentypen

Tabelle 1 enthält eine Kurzcharakterisierung der verschiedenen Systeme. Unter Bezugnahme auf die besonders häufig eingesetzten Anlagentypen werden die wasserwirtschaftlichen Anforderungen in den folgenden Kapiteln jeweils einzeln dargestellt. Unter „Erdwärmekollektoren“ werden in diesem Arbeitsblatt alle flachen, oberflächennahen Erdwärmenutzungssysteme (Erdwärmekollektoren, Energiepfähle, Erdwärmekörbe oder Spiralkollektoren) zusammenfassend behandelt die in Tiefen bis 5 m die „Erdwärme“ nutzen. Eisspeicher werden in diesem Arbeitsblatt als „Spezialtechnik“ angesehen, sie können jedoch i.d.R. bezüglich der Standortvoraussetzungen wie Erdwärmekollektoren behandelt werden.

Weitere oberflächennahe Techniken, die tiefer als 5 m in den Boden eindringen (bspw. Energiepfähle), nicht vertikale (bspw. Geothermal Radial Drilling (GRD-) Technik) sowie weitere Techniken (bspw. Heat-Pipes) sind ebenfalls als „Spezialtechniken“ zu behandeln, zu denen spezifische Anforderungen im Rahmen der jeweiligen behördlichen Entscheidung im jeweiligen Einzelfall festzulegen sind.

Tabelle 1: Kurzcharakterisierung verschiedener Systeme (Auswahl) zur Nutzung oberflächennaher Erdwärme

Erdwärmesonde (EWS)	Erdwärmekollektor (EWK)	Erdwärmekörbe / Spiralkollektoren
Wärmeentzug: Erdwärme, meist 40 bis ca. 250 m Tiefe (vertikal) Wärmeträger Wasser/Sole*, geschlossenes System hohe Temperaturkonstanz des Untergrundes ab 40 m, geringer Platzbedarf, Langlebigkeit und in den meisten Gebieten NRW's ausreichend hohe Ergiebigkeit hohe Anforderungen an Bauausführung und Planung, nicht für alle Standorte geeignet	Wärmeentzug: gespeicherte Sonnenenergie, Wärmeträger Sole*, geschlossenes System, mittlere Ergiebigkeit, da keine Temperaturkonstanz durch jahreszeitliche Schwankungen, Einbau in 1,2 bis 1,5 m Tiefe (horizontal - daher <u>hoher Flächenbedarf</u>)	gespeicherte Sonnenenergie, Wärmeträger Sole*, 2,5 bis ca. 5 m Tiefe (spiralförmig) geschlossenes System, mittlerer Flächenbedarf keine Temperaturkonstanz
Grundwasser-Wärmepumpe GWP („Brunnenanlage“)	Energiepfähle	Direktverdampfer
Wärmeentzug aus dem Grundwasser, Anlage besteht aus einem Förder- und einem Schluckbrunnen Wärmeträger Wasser, offenes System hohe Ergiebigkeit, hohe Temperaturkonstanz, mittlerer Flächenbedarf Standorteignung abhängig von GW-Verfügbarkeit und GW-Beschaffenheit	Abwärme unter Gebäude, (Wärme-Kälte-Wechselbetrieb), Wärmeträger Sole* od. Wasser, Tiefe: durch die Gründungstiefe bestimmt geschlossenes System, kein zusätzlicher Flächenbedarf (größere Gebäudekomplexe), planbares Temperaturfeld >0°C,	gespeicherte Sonnenenergie, geschlossenes System, hohe Effizienz, da die Wärmeübertragung von der Sole¹ des Sondenkreislaufs auf den Kältemittelkreislauf der Wärmepumpe entfällt. Wärmequelle und Wärmepumpe haben den gleichen Kältemittelkreislauf. Direktverdampfersysteme sind in verschiedenen, horizontal verlegten geschlossenen Systemen (entsprechend eines Erdwärmekollektors) möglich.

¹ Als Sole wird im Zusammenhang mit Erdwärmeanlagen das als Wärmeträgermedium verwendete Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch verstanden

2 Rechtliche Grundlagen

Bei der Erschließung und Nutzung von Erdwärme sind wasserrechtliche Anforderungen (Kap. 2.1) sowie ggf. Anforderungen des Bodenschutzrechts (Kap. 2.2) zu beachten. In besonderen Fällen finden darüber hinaus bergrechtliche Vorschriften (Kap. 2.3) Anwendung. Daneben bestehen Anzeigepflichten nach dem Lagerstättengesetz (Kap. 2.4).

Jede Behörde, bei der ein Antrag gestellt ist oder der eine Anzeige vorliegt, prüft, ob andere Behörden (Bodenschutz-, Berg- oder Wasserbehörde) in ihren Belangen betroffen und daher hinzuzuziehen ist. Außerdem prüft sie, ob ein weiteres oder anderes der nachstehenden Verfahren durchzuführen ist.

2.1 Wasserrecht

2.1.1 Grundsätze zur Anzeige und Erlaubnis von Benutzungen

Die §§ 8, 9 und 49 WHG sowie § 34 LWG regeln Anzeige- oder Zulassungspflichten, die bei der Herstellung und dem Betrieb von Anlagen zur Nutzung von Erdwärme einschlägig sein können.

Für Gewässerbenutzungen nach § 9 WHG ist eine wasserrechtliche Erlaubnis gemäß § 8 Abs. 1 WHG erforderlich. Die Benutzungen des § 9 WHG sind eingeteilt in die echten Benutzungen (§ 9 Abs. 1 Nr. 1-5 WHG) und die subsidiären unechten Benutzungen (§ 9 Abs. 2 Nr. 1-4 WHG). Bei der Nutzung von Erdwärme kann es sich um eine Benutzung nach § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG (Einbringen von Stoffen in Gewässer) oder eine nach § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG (Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen) handeln.

Auch kann es sich bei der Errichtung von Anlagen für die Nutzung von Erdwärme um Maßnahmen handeln, die als Arbeiten zu qualifizieren sind, die so tief in den Boden eindringen, dass sie sich unmittelbar oder mittelbar auf die Bewegung, die Höhe oder die Beschaffenheit des Grundwassers auswirken können. Diese sind nach § 49 Abs. 1 S. 1 WHG der Behörde einen Monat vor Beginn der Arbeiten anzuzeigen. Werden bei diesen Arbeiten Stoffe in das Grundwasser eingebracht, ist nach § 49 Abs. 1 S. 2 WHG abweichend von § 8 Abs. 1 i.V.m. § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG anstelle der Anzeige eine Erlaubnis nur erforderlich, wenn sich das Eindringen nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken kann. Im Falle einer Anzeige überprüft die Wasserbehörde anhand der Unterlagen, ob eine Beeinflussung des Grundwassers möglich ist und ob eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist.

§ 34 LWG lässt die Anzeigepflicht nach § 49 Abs. 1 S. 1 WHG beim unterirdischen Einbau von Anlagen oder Anlagenteilen oberhalb der obersten wasserführenden Schicht entfallen, wenn die Anlagen oder Anlagenteile gewisse in § 34 Abs. 1 LWG genannte Voraussetzungen der Anlagenbeschaffenheit erfüllen.

Nach der Anzeige prüft die Wasserbehörde – in der Regel der Kreis oder die kreisfreie Stadt als Untere Wasserbehörde –, ob das angezeigte Vorhaben zulässig und ob ggf. ein wasserrechtliches Erlaubnisverfahren erforderlich ist.

Soweit eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist, bedarf es neben dem Antrag dafür keiner zusätzlichen Anzeige nach § 49 Abs. 1 S. 1 WHG.

Die Erlaubnis kann grundsätzlich befristet und/oder mit Auflagen und Bedingungen (Nebenbestimmungen) versehen werden. Nach § 12 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 WHG ist die wasserrechtliche Erlaubnis zu versagen, wenn schädliche, auch durch Nebenbestimmungen nicht vermeidbare oder nicht ausgleichbare Gewässerveränderungen (§ 3 Nr. 10 WHG) zu erwarten sind oder andere Anforderungen nach öffentlich-rechtlichen Vorschriften nicht erfüllt werden. Zu erwarten sind schädliche Gewässerveränderungen, wenn überwiegende Gründe für den Eintritt sprechen, also eine überzeugende Wahrscheinlichkeit für eine nachteilige Beeinflussung besteht. Liegt kein zwingender Versagungsgrund vor, steht die Erteilung der Erlaubnis im pflichtgemäßen Ermessen der Behörde, § 12 Abs. 2 WHG.

Bei der Prüfung ist zu betrachten, ob im Umfeld (< 1000 m im Abstrom) bereits Grundwassernutzungen, insbesondere Entnahmen von Trink- oder Heilwasser oder Mineralwasser (z. B. Brunnenfassungen) vorhanden sind. Dabei ist § 22 WHG zu beachten.

Das Vorhaben ist im Falle des Einsatzes maschinengetriebener Bohrungen zusätzlich beim geologischen Dienst, bei Bohrungen tiefer als 100 m und in bestimmten weiteren Fällen (s. Kap. 2.3) auch bei der Bergbehörde anzuzeigen, da die nach Lagerstättengesetz bzw. Bundesberggesetz erforderlichen Anzeigen weder durch die Anzeige noch den Erlaubnisantrag nach Wasserrecht ersetzt werden (s. Kap. 2.3 und Kap. 2.4).

2.1.2 Wasserrechtliche Erwägungen im Zusammenhang mit Geothermischen Anlagen

Geothermische Anlagen sind Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren (inkl. Erdwärmekörbe/Spiralkollektoren, Energiepfähle, Eisspeicher etc.) und Grundwasserwärmepumpen. Bei der Nutzung von Erdwärme können die Bohrung bzw. die Erdarbeiten, das Einbringen und der Betrieb der geothermischen Anlage je nach den Umständen eine Anzeige- und Zulassungspflicht auslösen.

Auf die jeweiligen Besonderheiten zum Anzeige- oder Erlaubnisverfahren bei geothermischen Anlagen und den hiermit verbundenen Tätigkeiten wird in den weiteren Kapiteln jeweils näher eingegangen.

Die hierfür maßgeblichen Standortkriterien (auch zur Abgrenzung der unten genannten ersten grundwasserführenden Schicht) werden in Kap. 3 erläutert. Hinsichtlich der besonderen Anforderungen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten wird auf Kap. 4 hingewiesen. Werden in geothermischen Anlagen Kältemittel und Wärmeträgermedien verwendet, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen, so handelt es sich um Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe (§ 62 Abs. 3 WHG und § 2 Abs. 9 AwSV). Die diesbezüglichen Anforderungen sind in Kap. 6 enthalten.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Erlaubnis- und Anzeigepflichten:

2.1.2.1 Erdwärmesonden bzw. -kollektoren, die oberhalb der ersten grundwasserführenden Schicht in den Boden eingebracht werden

Eine echte Gewässerbenutzung nach § 9 Abs. 1 WHG liegt nicht vor, da keine Stoffe ins Grundwasser eingebracht oder eingeleitet werden. Aber es kann eine unechte Benutzung nach § 9 Abs. 2 WHG gegeben sein, für die ein **Erlaubnisverfahren** durchzuführen ist.

Das kann der Fall sein:

- bei Verwendung von wassergefährdenden Stoffen (Maschinenöl, Bohrspülflüssigkeit, Wärmeträgermedium, vgl. Kap. 5.1.1.3 und Kap. 6)
- in Gebieten mit Risiken bzw. Einschränkungen oder Standorten mit Altlasten oder Altablagerungen (vgl. Kap. 3.1.2 und Kap. 3.2.1)
- in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten und in Gebieten mit sonstigen schützenswerten Grundwasservorkommen (vgl. Kap. 4.1, Kap. 4.2)

Bei nur geringfügigen physikalischen Auswirkungen (z.B. nur geringe Temperaturänderung durch reinen Wärmeentzug mittels kleiner Erdwärmeanlagen im Einfamilienhausbereich oberhalb der ersten grundwasserführenden Schicht) dürfte außerhalb der oben genannten Gebiete in vielen Fällen kein Benutzungstatbestand nach § 9 Absatz 2 Nr. 2 WHG vorliegen.

Wenn die Maßnahme zwar nicht erlaubnispflichtig ist, sich die Arbeiten im Erdboden aber auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken können, besteht eine **Anzeigepflicht**. Die Anzeige kann evtl. unter den Voraussetzungen § 34 LWG entfallen, da dieser den unterirdischen Einbau von Anlagen oder Anlagenteilen oberhalb der obersten wasserführenden Schicht regelt. Auf die hierfür geltenden besonderen Anforderungen (vgl. Kapitel 6.1.1) wird hingewiesen.

2.1.2.2 Erdwärmesonden bzw. -kollektoren, die in das Grundwasser eingebracht werden

Das Einbringen einer Erdwärmesonde (inklusive Bohrgestänge, Bohrspülung, Verpressmaterial usw.) bzw. eines Erdwärmekollektors in das Grundwasser erfüllt den Tatbestand des § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG (Einbringen von Stoffen in das Grundwasser). Ein **Erlaubnisverfahren** ist durchzuführen, wenn sich das Einbringen nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken kann, § 49 Abs. 1 S. 2 WHG. Die Erdarbeiten dürfen erst nach Erteilung der Erlaubnis begonnen werden.

Eine nachteilige Auswirkung auf das Grundwasser kann auftreten:

- bei Verwendung von wassergefährdenden Stoffen (Maschinenöl, Bohrspülflüssigkeit, Wärmeträgermedium, vgl. Kap. 5.1.1.3 und Kap. 6)
- in Gebieten mit Risiken bzw. Einschränkungen oder Standorten mit Altlasten oder Altablagerungen (vgl. Kap. 3.1.2 und Kap. 3.2.1)
- in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten und in Gebieten mit sonstigen schützenswerten Grundwasservorkommen (vgl. Kap. 4.1, Kap. 4.2)
- wenn stockwerkstrennende Schichten durchteuft werden (vgl. Kap. 3.1.6)

In allen anderen Fällen ist einen Monat vor Beginn der Arbeiten eine **Anzeige** erforderlich, da bei den Erdarbeiten Stoffe in das Grundwasser eingebracht werden. § 34 Abs. 1 LWG ist dann nicht anwendbar, da dieser sich nur auf den unterirdischen Einbau von Anlagen oder Anlagenteilen oberhalb der obersten wasserführenden Schicht bezieht.

2.1.2.3 Grundwasserwärmepumpen

Die Entnahme von Grundwasser sowie auch die Wiedereinleitung von Grundwasser stellt eine erlaubnispflichtige Gewässerbenutzung dar (§ 9 Abs. 1 Nr. 4 und 5 WHG). Standortkriterien für Grundwasserwärmepumpen sind in Kap. 3.3 aufgeführt.

2.2 Bodenschutzrecht

Das Bodenschutzrecht ist bei der Nutzung von Erdwärme mit horizontalen und vertikalen Wärmetauschern im Boden tangiert. Bodenschutzrechtliche Anforderungen ergeben sich allgemein aus der Vorsorgepflicht in § 7 Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG). Zunächst ist der Schutz von Böden bei strukturellen Eingriffen in den Boden durch Baumaßnahmen zu beachten. Da die oben genannten Techniken in der Regel unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht eingebracht werden, wird im Regelfalle nicht von dauerhaften Beeinträchtigungen von Bodenleben und Pflanzenwachstum ausgegangen.

2.3 Bergrecht

Das Bergrecht enthält Regelungen über die Aufsuchung und Gewinnung von Erdwärme. Nach § 3 Abs. 3 Satz 2 Nr. 2b Bundesberggesetz (BBergG), gilt Erdwärme (dort definiert als „Erdwärme und die im Zusammenhang mit ihrer Gewinnung auftretenden anderen Energien“) als bergfreier Bodenschatz. Das bedeutet, dass Erdwärme grundsätzlich nur aufgrund einer entsprechenden Bergbauberechtigung aufgesucht und gewonnen werden kann.

Davon ausgenommen ist nach § 4 Abs. 2 Nr. 1 BBergG das Lösen oder Freisetzen von Bodenschätzen „in einem Grundstück aus Anlass oder im Zusammenhang mit dessen baulicher oder sonstiger städtebaulicher Nutzung“. Somit fällt eine grundstücksbezogene Gewinnung von Erdwärme, z.B. für die Beheizung eines Gebäudes, nicht unter das BBergG. Eine Gewinnung von Erdwärme mit der Folge der Erforderlichkeit einer Bergbauberechtigung liegt dann vor, wenn der Zweck der Erdwärmegewinnung nicht auf das Grundstück, in dem diese Gewinnung stattfindet, beschränkt bleibt, sondern darüber hinausgeht. Dies ist etwa der Fall, wenn mit Hilfe gewonnener Erdwärme Baulichkeiten auf anderen oder mehreren Grundstücken beheizt werden, ohne dass ein unmittelbarer räumlicher oder betrieblicher Zusammenhang besteht, oder wenn das Ziel der Gewinnung von Erdwärme die Erzeugung von Strom oder Fernwärme und die Einspeisung in die allgemeinen Versorgungsnetze ist. Besteht das Erfordernis einer Bergbauberechtigung, so ist für die Gewinnung und alle in diesem Zusam-

menhang notwendigen Einrichtungen bei der Bergbehörde (Bez.-Reg. Arnsberg, Abt. Bergbau und Energie in NRW) ein Betriebsplan (Hauptbetriebsplan) nach §§ 51 und 52 Abs.1 BBergG vorzulegen. Die Zulassung des Betriebsplans erfolgt auf der Grundlage der Bestimmungen der §§ 54 und 55 BBergG.

Abgesehen davon sind Bohrungen, die mehr als 100 m in den Boden eindringen sollen, gem. § 127 Abs. 1 BBergG der Bergbehörde anzuzeigen. Hierfür wird unter www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/g/geothermie/anzeige_bohrung.doc ein Vordruck zur Verfügung gestellt (s.a. Anlage 2). In diesem Fall findet eine Prüfung durch die Bergbehörde statt. Die Prüfung der Bergbehörde für eine Bohrung zum Einbau einer Erdwärmesonde erstreckt sich unter anderem auf die Ermittlung bergbaulicher Gefährdungspotenziale, die in Kap. 3.1.2 dargestellt werden. Die Bergbehörde gibt als Ergebnis dieser Prüfung in einem Antwortschreiben ggf. Hinweise und Empfehlungen oder erklärt im Einzelfall die Vorlage eines Betriebsplanes für erforderlich, um daraufhin in einem Zulassungsbescheid verbindliche Auflagen (Nebenbestimmungen) für die Durchführung der Bohrung zu formulieren.

Auch bei Bohrungen, deren Tiefe weniger als bzw. maximal 100 m beträgt, ist die Prüfung möglicher Gefährdungen des Untergrundes aufgrund bergbaulicher Einflüsse, die sich nicht wasserwirtschaftlich auswirken, durch den Unternehmer der Bohrung erforderlich (vgl. Karte, Anhang 2). In diesem Fall weist die Wasserbehörde auf diese Gefährdungen und darauf, welche Vorkehrungen bei einer entsprechenden Bohrung zu beachten sind (s. Kap. 3.1.2), hin und informiert und/oder beteiligt ggf. andere in ihrem Aufgabenbereich berührte Behörden.

Hinweis: Bei Bohrungen, die nicht der Bergaufsicht unterliegen, sind gemäß § 1 ZustVO ArbStG zuständige Arbeitsschutzbehörden die Bezirksregierungen.

2.4 Anzeigepflichten nach Lagerstättengesetz

Bei maschinengetriebenen Bohrungen gilt: Die Bohrung ist nach § 4 LagerstG spätestens zwei Wochen vor Beginn der Bohrarbeiten beim Geologischen Dienst NRW (GD NRW) anzuzeigen. Der GD NRW fordert die Bohrunternehmen auf, spätestens vier Wochen nach Abschluss der Bohrarbeiten die Bohrergebnisse (Schichtenverzeichnis gemäß DIN EN ISO 22475-1 oder DIN 4022 und die Ausbaudokumentation) dem GD NRW zusenden (§ 5 Abs. 2 LagerstG). Der GD NRW betreibt hierzu ein Online-System unter <https://www.bohranzeige.nrw.de>.

Jede neu hinzukommende Bohrung soll nach dem Lagerstättengesetz (LagerstG) dazu beitragen und genutzt werden, das Wissen über den geologischen Untergrundaufbau zu erhöhen. Daher müssen die Bohrdaten den verschiedenen geowissenschaftlichen Auswertungen der staatlichen geologischen Dienste bzw. Landesämter (in NRW: GD NRW) zugänglich gemacht werden. Die Anzeigepflicht trägt also dazu bei, dass der GD NRW kontinuierlich bessere Informationen über den Untergrund für Planungen und Standortbeurteilungen bereitstellen kann.

2.5 Betriebssicherheitsverordnung, Gefahrstoffverordnung

Bei Bohrungen in Gebieten, in denen Gasaustritte, insbesondere Methanausgasungen, aus dem Untergrund bekannt sind und nicht auszuschließen ist, dass bei der geplanten Bohrung Gas, auch unter erhöhtem Druck, austreten kann, ergeben sich besondere Anforderungen aus der Betriebssicherheits- und Gefahrstoffverordnung (BetrSichV, GefStoffV) .

Nach § 3 Abs. 1 der BetrSichV hat der Arbeitgeber vor der Verwendung von Arbeitsmitteln (z.B. Bohranlagen) die auftretenden Gefährdungen zu beurteilen (Gefährdungsbeurteilung) und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten.

Nach § 6 Abs. 1 der GefStoffV hat der Arbeitgeber im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung als Bestandteil der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes festzustellen, ob die Beschäftigten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausüben oder ob bei Tätigkeiten Gefahrstoffe entstehen oder freigesetzt werden können.

Wenn beim Abteufen von Bohrungen der Zutritt von Methangas zur Bohrung, evtl. auch unter erhöhtem Druck stehend, nicht auszuschließen ist, ist somit beim Abteufen dieser Bohrungen auch nicht sicher auszuschließen, dass dabei ein Gefahrenbereich entsteht, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphären auftreten können und es sich somit um einen explosionsgefährdeten Bereiche i.S.d. § 2 Abs. 14 GefStoffV handelt.

Nach § 6 Abs. 9 GefStoffV sind Gefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Gemische in einem Explosionsschutzdokument besonders auszuweisen und Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die in § 11 GefStoffV genannten Schutzziele festzulegen. Aus dem Explosionsschutzdokument muss insbesondere hervorgehen,

1. dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und einer Bewertung unterzogen worden sind,
2. dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen (Darlegung eines Explosionsschutzkonzeptes),
3. ob und welche Bereiche entsprechend Anhang I Nummer 1.7 in Zonen eingeteilt wurden,
4. für welche Bereiche Explosionsschutzmaßnahmen nach § 11 und Anhang I Nummer 1 getroffen wurden,
5. wie die Vorgaben nach § 15 umgesetzt werden und
6. welche Überprüfungen nach § 7 Absatz 7 und welche Prüfungen zum Explosionsschutz nach Anhang 2 Abschnitt 3 der BetrSichV durchzuführen sind.

Nach § 6 Abs. 11 GefStoffV darf die Gefährdungsbeurteilung nur von fachkundigen Personen durchgeführt werden. Verfügt der Arbeitgeber nicht selbst über die entsprechenden Kenntnisse, so hat er sich fachkundig beraten zu lassen. Fachkundig kann insbesondere die Fachkraft für Arbeitssicherheit sein.

Bei der Herstellung von Bohrungen, in denen sich der Bohransatzpunkt in einem Gebiet befindet, in dem Gasaustritte, insbesondere Methanausgasungen, aus dem Untergrund bekannt sind und nicht auszuschließen ist, dass bei der geplanten Bohrung Gas unter erhöhtem Druck austreten kann, handelt es sich bei der Gesamtheit der auf dem Bohrplatz eingesetzten explosionsrelevanten Arbeitsmittel einschließlich der Verbindungselemente demgemäß um überwachungsbedürftige Anlagen i.S.d. § 2 Nr. 30 f ProdSG und da in Anhang 2,

Abschnitt 3 der BetrSichV genannt, auch um überwachungsbedürftige Anlagen i.S.d. § 2 Nr. 13 BetrSichV.

Überwachungsbedürftige Anlagen i.S.d. § 2 Nr. 13 BetrSichV unterliegen den zusätzlichen Vorschriften nach Abschnitt 3 BetrSichV. Die Prüfungen nach §§ 15 und 16 BetrSichV sind durch eine befähigte Person gemäß Anhang 2 Abschnitt 3 „Explosionsgefährdungen“ BetrSichV durchzuführen. Hierzu wird auf die Ausführungen in der TRBS 1203 „Befähigte Personen“ verwiesen.

Nach §17 Abs. 1 BetrSichV hat der Arbeitgeber dafür Sorge zu tragen, dass das Ergebnis der Prüfung aufgezeichnet wird. Die Aufzeichnung ist am Betriebsort der überwachungsbedürftigen Anlage aufzubewahren und muss mindestens Auskunft geben über:

1. Anlagenidentifikation,
2. Prüfdatum,
3. Art der Prüfung,
4. Prüfungsgrundlagen,
5. Prüfumfang,
6. Eignung und Funktion der technischen Schutzmaßnahmen sowie Eignung der organisatorischen Schutzmaßnahmen,
7. Ergebnis der Prüfung,
8. Frist bis zur nächsten wiederkehrenden Prüfung nach § 16 Absatz 2 BetrSichV und
9. Name und Unterschrift des Prüfers, bei Prüfung durch zugelassene Überwachungsstellen zusätzlich Name der zugelassenen Überwachungsstelle; bei ausschließlich elektronisch übermittelten Dokumenten die elektronische Signatur.

3 Standortkriterien und Planung für Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Erdwärme

Abhängig von den jeweiligen Standortbedingungen und vom Energiebedarf stehen verschiedene Alternativen für die Nutzung oberflächennaher Erdwärme zur Verfügung. Einen breiten Überblick über mögliche Betriebsweisen und dazugehörige Erläuterungen sowie auch Hinweise zu nicht-erdgekoppelten Möglichkeiten von Wärmepumpen, bietet u.a. die Broschüre „Planungsleitfaden Wärmepumpen“ (Energie-Agentur NRW 2012). Auf den Internetseiten der Energieagentur NRW werden die Nutzung und die Potenziale der Geothermie in NRW im Überblick und anhand von Beispielen dargestellt

(<http://www.energieagentur.nrw/geothermie/ueberblick-geothermie>).

Einen Überblick über die Standortbedingungen für Geothermie in NRW gibt die Broschüre „Geothermie in Nordrhein-Westfalen“ (Geologischer Dienst NRW 2011). Mit der „Potenzialstudie Geothermie NRW“ des LANUV wurden die (mittels Erdwärmesonden) nutzbaren Potenziale der oberflächennahen Geothermie in NRW kommunenscharf berechnet (LANUV 2015).

Erdwärmeanlagen an Standorten mit besonderen hydrogeologischen oder sonstigen standortspezifischen Bedingungen sind als Sonderfälle zu behandeln und bedürfen gesonderter (i.d.R. weitergehender) Regelungen.

Detaillierte Technische Hinweise zur Planung enthalten auch die Empfehlungen des Arbeitskreises Geothermie der Fachsektion Hydrogeologie (FH-DGGV) und Fachsektion Ingenieurgeologie (FI-DGGT/DGG) (DGGT/DGG 2015). Als Zusammenstellung des Stands der Technik im Bereich oberflächennaher Geothermie für Deutschland wird derzeit die VDI-Richtlinie 4640 (Blätter 1-4) angesehen.

Bei allen Techniken, die in das Erdreich eindringen und das Grundwasser mittelbar oder unmittelbar beeinflussen können, sind die Eignung des Standorts für die jeweilige Technik und die jeweiligen wasserwirtschaftlichen Anforderungen (Kap. 5) eingehend zu prüfen und zu beachten. Durch eine sorgfältige vorherige Standortprüfung und eine Gefahrenabschätzung sind etwaige Bohrrisiken zu identifizieren und gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen einzuplanen.

Ein wichtiges Standortkriterium für Erdwärmeanlagen jeglicher Art ist die oberste grundwasserführende Schicht. Maßgeblich für die Frage, ob eine direkte Gewässerbenutzung besteht (vgl. Kap. 2.1), ist der höchste zu erwartende Grundwasserstand. Diese Information kann für viele Gebiete in NRW über die Informationsangebote des Landes (Kap. 3.4) oder auch bei der unteren Wasserbehörde bezogen werden. In Gebieten, in denen keine Informationen zum höchsten zu erwartenden Grundwasserstand vorliegen, muss dieser am Standort erkundet werden, sofern dies für Planung und für die Prüfung der Zulässigkeit einer Anlage (vgl. Kap. 2.1.2, Kap. 4) relevant ist.

3.1 Standortkriterien und Planung für Erdwärmesonden

Die Planung von Erdwärmesonden setzt neben den notwendigen technischen Kenntnissen insbesondere Kenntnisse über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse eines Standortes sowie über mögliche Einschränkungen (z. B. Wasserschutzgebiete, Altlasten, bergbaulich/geologisch bedingte Risiken) voraus. Der Planer und das Bohrunternehmen müssen sich vor Durchführung der Arbeiten entsprechend informieren. Mit dem Antrag auf die wasserrechtliche Erlaubnis (Anlage 1) müssen der Wasserbehörde die zur Standortbeurteilung notwendigen, nachfolgend beschriebenen standortbezogenen Informationen und Angaben zur Anlagenausführung vorgelegt werden und erkannte Risiken im Antrag in 2.1 und/oder 2.7 dargestellt werden. Die Wasserbehörde prüft die im Antrag aufgeführten Risiken auf Plausibilität und Vollständigkeit.

3.1.1 Allgemeine Standortkriterien

Bei der Planung und Dimensionierung von Erdwärmesonden müssen Informationen über den Aufbau und die Eigenschaften der einzelnen Boden- und Gesteinsschichten sowie die Grundwasserverhältnisse am Projektstandort bis zur geplanten Nutzungstiefe vorhanden sein oder im Zuge einer Aufschlussbohrung erhoben werden. Die nachfolgend aufgeführten Kriterien beziehen sich auf den Tiefenbereich, der durch die Erdwärmenutzung erschlossen wird, und sind für die Beurteilung der Standorteignung sowie für Planung und Bemessung von Belang:

- Beschreibung der zu erwartenden geologischen Schichtenfolge (Gesteinsart, Mächtigkeit, Wärmeleitfähigkeit)
- Charakterisierung des anstehenden Gesteins in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter (vgl. Kap. 3.1.6)
- Grundwasserstand/-druckpotential des oberen und gegebenenfalls der tieferen Grundwasserleiter
- Hydraulische Kennwerte der grundwasserleitenden und -stauenden Gesteine sowie
- Grundwasserfließrichtung in den durch die Bohrungen erschlossenen Grundwasserstockwerken

Als Grundlage zur Beurteilung der Standorteignung werden auch Informationen zu möglichen Risiken bzw. Einschränkungen benötigt. Dazu gehören:

- Informationen zur Lage unterirdischer Leitungen (Gas, Wasser, Elektrizität)
- Informationen zu möglichen Altlasten und Kampfmitteln
- Informationen über Sumpfungswassereinflüsse, künstliche Grundwasserabsenkungen / Gruben- oder Grundwasserwiederanstiege
- Informationen über geologisch und bergbaulich bedingte Risiken (siehe Kap. 3.1.2)
- Informationen über Restriktionen in Bezug auf Wasser- und Heilquellenschutzgebiete und sonstige schützenswerte Grundwasservorkommen (vgl. Kap. 4.)

Die genannten Informationen bilden nicht nur die Grundlage für die Bewertung eines Standortes hinsichtlich seiner Eignung für Erdwärmesonden, sondern werden auch für die Anla-

gendimensionierung benötigt. Der Planer und das Bohrunternehmen müssen sich vor Durchführung der Arbeiten entsprechend informieren.

Hinweise auf landesweite Informationsangebote zu Geologie, Hydrogeologie, Geothermie, Grundwasserverhältnissen, Wasserschutzgebieten, Gefahren des Untergrunds, Schadstoffvorkommen im Boden, schädlichen Bodenveränderungen sowie Altlasten enthält Kap. 3.4. Standortbezogene Informationen zu unterirdischen Leitungen, Altlasten, Kampfmitteln sind in Baugrundgutachten enthalten und bei der Kommune einzuholen.

Grundsätzliche Voraussetzung für die Prüfung der in der Regel zur Errichtung und zum Betrieb einer Erdwärmesondenanlage erforderlichen wasserrechtlichen Erlaubnis, und daher Bestandteil der einzureichenden Unterlagen, ist ein prognostisches Schichtenverzeichnis, welches die vorab bekannten (hydro)geologischen Bedingungen am Standort wiedergibt (vgl. Informationsangebote des Geologischen Dienstes NRW in Kap. 3.4). Eine Auflistung aller mit dem Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis vorzulegenden Informationen ist in Anlage 1 enthalten. Je nach Größe der Anlage, den (hydro)geologischen Verhältnissen, möglichen Gefährdungen des Untergrundes, vorhandenen Nutzungen, Bohrtiefe und Komplexität des Vorhabens (vgl. Kap. 3.1.2 bis Kap. 3.1.6) entscheidet die zuständige Wasserbehörde, ob die vorab vorhandenen Informationen ausreichen oder eine weitergehende Untergrundbewertung durch den Geologischen Dienst, die Bergbehörde (vgl. Kap. 2.3) oder durch einen unabhängigen Fachgutachter/Sachverständigen (Hydrogeologe) notwendig wird.

3.1.2 Geologisch und/oder bergbaulich bedingte Risiken

In vielen Gebieten Nordrhein-Westfalens sind die Errichtung und der Betrieb von Erdwärmesonden bei Beachtung der allgemein geltenden Qualitätsstandards und den in Kap. 3, 4 und 5 beschriebenen, standortbezogenen und wasserwirtschaftlichen Anforderungen, möglich. Schwierigkeiten können in Gebieten mit Gefährdungspotenzialen des Untergrundes, in Gebieten des tages- und oberflächennahen Altbergbaus sowie ggf. auch des tiefer gelegenen Altbergbaus, in Gebieten mit aktueller Rohstoffgewinnung im Untertagebergbau bzw. im Tagebau sowie bei Altablagerungen oder Altstandorten auftreten. Die genannten Risiken können sowohl das Bauvorhaben, die Funktionstüchtigkeit und Anlagensicherheit, als auch den Schutz der Umwelt und Gewässer-/Grundwasserressourcen betreffen. Sind geologische und/oder bergbaubedingte Risiken vorhanden, ist von der zuständigen Wasserbehörde zu entscheiden, ob eine weitergehende Prüfung durch den Geologischen Dienst bzw. durch die Bergbehörde erforderlich ist.

Lassen die Risiken erhöhte Anforderungen an Planung und technische Ausführung erwarten oder stellen sie ein Ausschlusskriterium dar, ist generell eine Prüfung hinsichtlich der Gefährdungen des Untergrundes erforderlich.

Diese Prüfung erfolgt hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Auswirkungen durch die Wasserbehörde. Bezüglich nicht wasserwirtschaftlicher Auswirkungen informiert und/oder beteiligt die Wasserbehörde die in ihren Aufgabenbereichen betroffenen Behörden und weist den Unternehmer auf die durch ihn zu beachtenden Anforderungen an die Bohrung hin.

Folgende geologische und hydrogeologische Verhältnisse können zu Restriktionen hinsichtlich der Bohrtiefe (s. Kap. 3.1.6) oder zu besonderen Auflagen führen oder generell ein Ausschlusskriterium darstellen:

- hoch mineralisierte Grundwässer, betonaggressive Wässer oder sonstige geochemische Besonderheiten in tieferen Grundwasserleitern, die vom oberflächennahen Grundwasser deutlich verschieden sind
- gasführende Grundwasserleiter bzw. Gesteinsschichten (Methan, CO₂)
- unterirdische Hohlräume (z.B. Karst, Höhlen)
- deutliche Druckunterschiede zwischen den Grundwasserstockwerken bis hin zu Artesen
- Vorhandensein von quelfähigen Gesteinen (Anhydrit und Gesteinsschichten mit quelfähigen Tonmineralien) oder zu Gefährdungen der Standfestigkeit des Bohrlochs neigendes Gestein (bspw. fließfähige Sande)

Der Antragsteller bzw. Anlagenplaner kann und sollte sich dennoch bereits im Vorfeld entsprechend informieren:

- Bereiche mit geologisch und hydrogeologisch kritischen Verhältnissen können durch den Planer vor Antragstellung über das Online-Geothermieportal NRW des Geologischen Dienstes NRW (siehe Kap. 3.4) ermittelt werden.
- Über das Internetportal „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in NRW“ www.gdu.nrw.de (Bürgerversion) der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW (Bergbehörde) und des Geologischen Dienstes NRW können erste Hinweise auf das Vorhandensein bestimmter auf den Baugrund bezogener bergbaulicher und/oder geologischer Gefährdungspotenziale abgefragt werden (s. Kap. 3.4).

Grundsätzlich besteht darüber hinaus die Möglichkeit, auf entsprechenden Antrag unter Nachweis des berechtigten Interesses eine grundstücksbezogene Stellungnahme der Bergbehörde oder des Geologischen Dienstes NRW zu dem Bohrvorhaben zu erhalten. Weitere Hinweise hierzu finden sich unter:

www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/a/auskunft_bergbaul_situation/index.php bzw. www.gd.nrw.de/ew_form-portal.htm

In Fällen, bei denen eine Anzeigepflicht nach § 127 Abs. 1 BBergG besteht oder ein Betriebsplan nach § 51 BBergG erforderlich ist (vgl. Kap. 2.3), findet im Rahmen der Prüfungen durch die Bergbehörde auch die Prüfung der möglichen Gefährdungen und Risiken des Untergrundes statt. Die Bergbehörde gibt als Ergebnis dieser Prüfung in einem Antwortschreiben ggf. Hinweise und Empfehlungen oder erklärt im Einzelfall auch für angezeigte Bohrungen nach § 127 BBergG die Vorlage eines Betriebsplanes für erforderlich, um daraufhin in einem Zulassungsbescheid verbindliche Auflagen (Nebenbestimmungen) für die Durchführung der Bohrung zu formulieren.

Anhand einer von der Bergbehörde erstellten Karte (Anhang 2), ist zu erkennen, welche Kommunen in Nordrhein-Westfalen von Altbergbau im tages- und oberflächennahen Tiefenbereich (bis ca. 100 m) betroffen sind. In den auf diese Weise ausgewiesenen Kommunen mit Altbergbau ist grundsätzlich die Einholung standortspezifischer Informationen zu bergbaubedingten Gefährdungspotenzialen und ggf. eine Beteiligung der Bergbehörde erforderlich.

Um grundstücksbezogene Erstinformationen zu bestimmten bergbaulichen und/oder geologischen Gefährdungspotenzialen zu erhalten, besteht für die Wasserbehörde als berechtigte öffentliche Stelle zu diesem Zweck die Möglichkeit, die Landesintranet-Behördenversion des FIS GDU sowie das Geothermieportal NRW zu nutzen (vgl. Kap. 3.4). Diese Erstinformation soll Hinweise zum Erfordernis der schriftlichen Beteiligung der Bergbehörde oder des Geologischen Dienstes NRW im wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren geben.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass selbst bei sorgfältiger Auswertung vorhandener Unterlagen zu den an einem Standort vorhandenen geologisch oder bergbaulich bedingten Risiken nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, dass bei einer Bohrung Umstände eintreten, die ein aufwändiges Verschließen der Bohrung und das Verwerfen der geplanten Art der Erdwärmennutzung erfordern (z.B. bei größeren Artesern oder druckhaften Austritt von Methan).

In Gebieten mit bergbaulichen und/oder geologischen Gefährdungspotenzialen wird eine Beteiligung der Bergbehörde über die oben beschriebene Anzeigepflicht nach §127 Abs. 1 BBergG hinaus, in Hinsicht auf wasserwirtschaftliche Auswirkungen – auch bei Bohrtiefen unterhalb von 100 m – ausdrücklich empfohlen.

3.1.3 Bemessung der Anlage

Maßgebend für die Anlagenauslegung sind sowohl die Energiebedarfswerte (Wärme und Kühlung) des zu versorgenden Gebäudes als auch die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds am jeweiligen Standort. Zur Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds gibt die webbasierte Planerversion des Online-Geothermieportals NRW Anhaltspunkte (vgl. Kap. 3.4). Grundsätzlich sind bei der Planung die einschlägigen Regelwerke, welche den Stand der Technik repräsentieren (insbesondere VDI 4640) zu beachten. Bei der *Berechnung* der erforderlichen Sondenlänge müssen auch die standortspezifischen Besonderheiten, ggf. Beschränkungen der Bohrtiefe (s. nachfolgend Kap. 3.1.6) und Temperaturregelungen (s. nachfolgend Kap. 3.1.4) beachtet werden.

Als Grundlage für die Anlagenplanung muss durch den Planer der Energiebedarf des Gebäudes sowie die benötigte Heizleistung (inklusive Warmwasserbedarf) entsprechend der einschlägigen Regelwerke bzw. Normen berechnet werden. Falls für die Zukunft weitere Nutzungen mit zusätzlichem Energiebedarf (bspw. Schwimmbadwassererwärmung, Gebäudeerweiterung, Gebäudekühlung) geplant sind, ist dies bereits bei der Dimensionierung der Anlage zu berücksichtigen. Die der Anlagenauslegung zu Grunde liegende Berechnung muss dokumentiert und bei der Beantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis (vgl. Anlage 1) vorgelegt werden. Die inhaltliche Prüfung dieser Unterlagen ist jedoch nicht Gegenstand der wasserrechtlichen Erlaubnis. Hinweise für größere Anlagen enthält Anhang 1.

3.1.4 Zulässiger Temperaturbereich und Temperaturüberwachung

Die Temperatur des in den Sonden zirkulierenden Wärmeträgermediums (Sole) muss so gewählt werden, dass weder an frost-/tauwechsel-empfindlichen Verpressmaterialien noch an der Bohrlochwand oder im Kontaktgestein Schäden entstehen können. Da derzeit ein Nachweis der dauerhaften Frostbeständigkeit bzw. der Frost-/Tauwechsel-Beständigkeit der Verpressung von Erdsondenbohrungen nicht erbracht werden kann, ist bei der Anlagenauslegung zu berücksichtigen, dass die Temperatur des Wärmeträgermediums in der Sonde nach 50 Betriebsjahren minimal $-1,5^{\circ}\text{C}$ betragen darf (entsprechend SIA 384/6). Dies ist gewährleistet, wenn im Sondenvorlauf -3°C nicht unterschritten werden.

Hierfür ist ein Temperaturwächter werkseitig so einzustellen, dass die o.g. Mindesttemperatur des in die Sonden zurückfließenden Wärmeträgermediums anlagentechnisch nicht unterschritten werden kann. Die Einstellung des Temperaturwächters muss durch eine Bescheinigung des Herstellers der Wärmepumpe belegt und für die Wasserbehörde jederzeit überprüfbar sein.

Von dieser Regelung kann evtl. zukünftig abgewichen werden, wenn sicher nachgewiesen werden kann, dass das Verpressmaterial gegenüber den an der Sondenaußenwand entstehenden Temperaturen bzw. Temperaturschwankungen (Frost-/Tauwechseln) unter Berücksichtigung des Spitzenlastfalls dauerhaft beständig² ist, die Bohrlochabdichtung und Anbindung an das Gestein durch die thermische Beanspruchung nicht beschädigt wird und es bei frostempfindlichem anstehendem Gebirge nicht zu Schäden im Untergrund / an der Tagesoberfläche kommen kann.

3.1.5 Mindestabstände

Bei der Errichtung von Erdwärmesonden sind Mindestabstände zu Grundstücksgrenzen und zwischen den Sonden einzuhalten, um jeweils eine thermische Beeinflussung zwischen den einzelnen Wärmequellen und nachteilige Veränderungen des Grundwassers und die Beeinflussung weiterer Grundwassernutzungen zu vermeiden.

So sind bei kleinen Anlagen mit einer Heizleistung $< 30\text{ kW}$ (Hinweise für größere Anlagen siehe Anhang 1) zwischen vertikal eingebauten Erdwärmesonden mindestens die in VDI 4640 Blatt 2 empfohlenen Abstände einzuhalten (i.d.R. 6 m). Nach VDI 4640 Blatt 1 ist bei „kleineren Erdwärmesondenanlagen (z.B. bis zu fünf Bohrungen)“ ab einem Abstand von 10 m der Sonden zweier Anlagen untereinander der thermische Einfluss nicht mehr signifikant. Hieraus kann abgeleitet werden, dass Erdwärmesonden mindestens 5 m von der Grundstücksgrenze entfernt sein müssen, um eine thermische Beeinflussung des Nachbargrundstücks auszuschließen. Um die Erdwärmenutzung in Siedlungsgebieten mit kleinen Grundstücken jedoch nicht unnötig zu behindern, wird als pauschaler Mindestabstand zwischen Sondenanlagen der in VDI 4640 Blatt 2 empfohlene Abstand zwischen Erdwärmesonden

² „dauerhaft beständig“: hier: mindestens über den Zeitraum der beantragten wasserrechtlichen Erlaubnis (2-3 malige Verlängerung anzustreben). Entsprechend der langen Lebensdauer einer Erdwärmesonde sollte auch die Ringraumabdichtung über eine entsprechende Lebensdauer von mindestens 50 Jahren verfügen.

> 50 m von 6 m zu Grunde gelegt. Zur Grundstücksgrenze ist somit ein Mindestabstand von 3 m einzuhalten, wobei der Abstand zum Nachbargrundstück bzw. zu einem öffentlichen Grundstück ggf. bei Gestattung durch den Nachbarn und in Abstimmung mit der Wasserbehörde verkleinert werden kann. Um in diesen Fällen eine gegenseitige Beeinflussung zweier Anlagen untereinander zu vermeiden, wird empfohlen, die Gesamtsondenlänge der einzelnen Anlagen entsprechend zu erhöhen.

Bei der Festlegung von erforderlichen Abständen zwischen Sondenanlagen sind insbesondere die Anlagengröße, die Tiefe der Sonden und das Vorliegen anderer bestehender oder potenzieller Nutzungen in der Nähe sowie die Grundwasserströmung und -ergiebigkeit von Bedeutung. Die Grundwasserströmung und -fließrichtung sollte deshalb auch bei der Anordnung der Sonden (Aufreihung quer zur Fließrichtung) berücksichtigt werden, da sie in Sondenfeldern (s. größere Anlagen), aber auch bei der Anordnung innerhalb eines Grundstücks bzw. zur Grundstücksgrenze hin relevant sein kann.

Bei Wärmeeinleitungen bzw. kombinierten Anlagen zum Heizen und Kühlen sowie bei der Kopplung an Solarthermieranlagen (Wärmespeicherung) kann die zuständige Wasserbehörde größere Mindestabstände verlangen oder alternativ dazu mittels Berechnung und nachfolgenden Messungen nachweisen lassen, dass an der Grundstücksgrenze keine erhebliche Veränderung der Grundwassertemperatur entsteht.

Bei nicht senkrecht eingebauten Sonden können generell keine Mindestabstände angegeben werden, so dass die erforderlichen Abstände im jeweiligen Einzelfall festgelegt werden müssen.

3.1.6 Bohrtiefe

Die Bohrtiefe muss standortspezifisch festgelegt werden. Hierbei sind die Wärmeleitfähigkeit der jeweiligen Gesteine, der geologische Schichtenaufbau, das Vorkommen grundwasserführender und grundwasserstauender Schichten, Gefährdungspotenziale des Untergrundes und mögliche Einschränkungen aus Gründen des vorsorgenden Grundwasserschutzes zu berücksichtigen.

Die benötigte Gesamtlänge von Erdwärmesonden ergibt sich aus dem jeweiligen Energiebedarf entsprechend der einschlägigen Regelwerke bzw. Normen und den spezifischen geothermischen Entzugsleistungen des Untergrunds. Bei der Ermittlung der insgesamt benötigten Sondenlänge sind die vorstehend unter Kap. 3.1.4 beschriebenen Anforderungen an Temperaturbereiche und Wärmeträgermedien zu berücksichtigen.

Um hydraulische Verbindungen zu vermeiden, sind Erdwärmesonden grundsätzlich so zu richten, dass keine stockwerkstrennenden Schichten zwischen wasserwirtschaftlich bedeutsamen Grundwasserleitern (Stockwerken) durchbohrt werden. Als stockwerkstrennende Schichten werden hier gering durchlässige oder undurchlässige Schichten definiert, die zwei Grundwasserleiter hydraulisch voneinander trennen³. Wird ein Grundwasserleiter für die

³ An dieser Stelle wird auf die Festlegung absoluter Werte zur Bewertung der Durchlässigkeit (bspw. entsprechend DIN 18130, Teil 1) verzichtet, da die Trennfunktion und das Vorkommen wasserwirtschaftlich bedeutsamer Aquifere nicht an klar zu definierende kf-Wert-Bereiche gebunden sind.

Gewinnung von Trinkwasser, Heil- oder Mineralwasser oder für andere Zwecke genutzt oder stellt dieser ein entsprechend nutzbares Dargebot dar, so ist dieser als wasserwirtschaftlich bedeutsam anzusehen.

Die Erdwärmenutzung in tieferen Grundwasserstockwerken unterhalb des ersten wasserwirtschaftlich bedeutsamen Stockwerkes ist nur in begründeten Ausnahmefällen bei näherer Prüfung der standörtlichen Gegebenheiten durch die Wasserbehörde zulässig (Einzelfallprüfung), da hierfür eine stockwerkstrennende Schicht durchteuft werden muss. Eine Zulassung ist in der Regel an weitergehende Anforderungen (bspw. Beteiligung der Bergbehörde, Hinzuziehung eines unabhängigen Fachgutachters, detailliertes Standortgutachten; im Bedarfsfall besondere Maßnahmen zur Standsicherheit und Bohrlochabdichtung) gebunden. In jedem Fall muss die erfolgreiche und dauerhafte Abdichtung des Ringraums durch geeignete geophysikalische Messungen überprüfbar sein (bspw. durch Verwendung dotierter Verfüllstoffe, vgl. Kap. 5.1.3.2). Voraussetzung für eine entsprechende Zulassung ist, dass der Schichtenaufbau und die Untergrundverhältnisse ausreichend bekannt sind, um die nachfolgenden Aspekte prüfen zu können:

- relevante Schadstoffbelastungen in einem der durchteuften Grundwasserstockwerke, die verschleppt werden können,
- die in Kap. 3.1.2 zur Beurteilung geologischer oder bergbaulicher Risiken aufgeführten Kriterien.

Insbesondere die unter 3.1.2 aufgeführten geologischen, hydrogeologischen und bergbaubedingten Verhältnisse können zu einem Verbot des Durchteufens stockwerkstrennender Schichten (und somit einer Begrenzung der Bohrtiefe) führen. Ob im jeweiligen Fall eine Beschränkung der Bohrtiefe notwendig ist, wird von der Wasserbehörde, ggf. unter Beteiligung des Geologischen Dienstes NRW und/oder der Bergbehörde festgelegt.

3.2 Standortkriterien und Planung für Erdwärmekollektoren (inklusive andere flachgründige Techniken / „Flachkollektoren“)

Bei der Planung, Bemessung und Installation sowie beim Betrieb von Erdwärmekollektoren (vgl. 1.2) sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik gemäß VDI 4640 Blatt 1 und 2 zu Grunde zu legen. Informationen zur Bemessung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren sind auch dem Informationsblatt 43 des Bundesindustrieverbands Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V (BDH, 2011) zu entnehmen.

Die im Vorfeld der Anlagenplanung und zur Standortbeurteilung erforderlichen Grundlagen sowie die in Nordrhein-Westfalen bestehenden Informationsangebote werden nachfolgend näher erläutert.

Sofern keine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist, muss die Errichtung von Erdwärmekollektoren in der Regel vorab bei der Wasserbehörde angezeigt werden (vgl. Kap. 2.1.2.1 und Kap. 2.1.2.2). Dort wird der Standort in Bezug auf ggf. erforderliche nachfolgend beschriebenen Einschränkungen oder Restriktionen geprüft.

Die Wasserbehörde erteilt Auskunft, ob für die geplante Anlage am jeweiligen Standort eine Anzeige oder ein Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis eingereicht werden muss.

3.2.1 Allgemeine Standortkriterien

Wie bei den vertikalen Erdwärmesonden werden auch bei der Planung von Erdwärmekollektoren zur Beurteilung der Standorteignung sowie als Grundlage für Planung und Bemessung standortbezogene Informationen über den Aufbau und die Eigenschaften des Untergrunds benötigt:

- Charakterisierung der Eigenschaften des oberflächennahen Untergrunds bis zur geplanten Einbautiefe zur Ermittlung der geothermischen Ergiebigkeit und der Randbedingungen für den Einbau
- Grundwasserverhältnisse am Projektstandort bis unterhalb der geplanten Nutzungstiefe
- Informationen zur Lage unterirdischer Leitungen (Gas, Wasser, Elektrizität)

Die Einholung der standortspezifischen Informationen bildet die Grundlage für die Bewertung eines Standortes hinsichtlich seiner Eignung für Erdwärmekollektoren sowie hinsichtlich bestehender Anzeige- oder Erlaubnispflichten. Die genannten Informationen werden auch für die Anlagendimensionierung und aus Sicherheitsgründen für den Einbau und Betrieb benötigt. Der Planer bzw. das ausführende Unternehmen haben sich deshalb vor Durchführung der Arbeiten entsprechend zu informieren. Der Geologische Dienst NRW bietet im Online-Geothermieportal NRW für Erdwärmekollektoren einen grundstücksbezogenen Standortcheck an (s. Kap. 3.4). Informationen zu möglichen Gefährdungen des Untergrunds bei oberflächennahen Bauvorhaben sind im GDU-Portal verfügbar (vgl. Kap. 3.4).

Zur Beurteilung möglicher Risiken bzw. Einschränkungen sind bei der Prüfung der Standorteignung die folgenden Kriterien zu berücksichtigen:

- Belastungen der Böden durch Altlasten, Vorhandensein von Kampfmitteln
- oberflächennahe Ausgasungen
- Erosions- oder rutschgefährdete Böden
- Sumpfungseinflüsse oder sonstige künstliche Grundwasserabsenkungen mit zu erwartenden Grundwasserspiegeländerungen
- Bergbaulich bedingte Risiken, insbesondere Bergsenkungen
- Lage in Überschwemmungsgebieten bzw. hochwassergefährdeten Gebieten
- Lage in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten sowie im Bereich sonstiger schützenswerter Grundwasservorkommen (siehe Kap. 4.1 und Kap. 4.2.2)
- Vorhandensein schutzwürdiger Böden

Da diese Kriterien abschließend nur durch die Behörde geprüft werden können, ist zur Errichtung und zum Betrieb einer Erdwärmekollektoranlage in der Regel eine Anzeige oder eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich (vgl. Kap. 2.1.2.1 und Kap. 2.1.2.2). Die oben genannten Kriterien können zu zusätzlichen Anforderungen und ggf. auch zu einer Ablehnung führen.

Unabhängig von bestehenden Anzeige- und Erlaubnispflichten ist eine Anzeige bei der Wasserbehörde grundsätzlich zu empfehlen, um sicherzustellen, dass eine fachgerechte Prüfung der standörtlichen Kriterien erfolgen kann. Dadurch können auch Risiken für den Bau und Betrieb der Anlage minimiert werden.

Ein erhöhtes Risiko im Hinblick auf Beschädigungen / Leckagen, welches eine Anzeige oder ggf. eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich macht, kann auch in Abhängigkeit vom Bodensubstrat und in Abhängigkeit von der Art des Einbaus bestehen, sofern die Anlage nicht in einem Sandbett verlegt oder maschinell niedergebracht wird (vgl. Kap. 5.2).

3.2.2 Bemessung und Mindestabstände

Maßgebend für die Anlagenauslegung sind sowohl die Energiebedarfswerte (Wärme und Kühlung) des zu vorsorgenden Gebäudes als auch die Ergiebigkeit des oberflächennahen Untergrunds am jeweiligen Standort. Für Erdwärmekollektoren (Einbau bis 2 m Tiefe) gibt hierzu die webbasierte Planerversion des Online-Geothermieportals NRW Anhaltspunkte (vgl. Kap. 3.4). Bei der Planung von Anlagen mit anderen flachgründigen Techniken (z.B. Erdwärmekörbe) muss die bei der jeweiligen Einbautiefe mögliche Ergiebigkeit des Untergrunds anhand von standortbezogenen Daten ermittelt werden.

Als Grundlage für die Anlagenplanung muss analog dem Vorgehen bei der Planung von Erdwärmesonden (Kap. 3.1.3) durch den Planer der Energiebedarf des Gebäudes sowie die benötigte Heizleistung (inklusive Warmwasserbedarf) entsprechend der einschlägigen Regelwerke bzw. Normen berechnet werden. Falls für die Anlage eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist, muss zur Beantragung – wie bei Erdwärmesonden –, die der Anlagenauslegung zu Grunde liegende Berechnung vorgelegt werden (vgl. Kap. 3.1.3 und Musterantrag, Anlage 1)⁴.

Um Beschädigungen oder Beeinträchtigungen der Entzugsrohre zu vermeiden und um die Versickerung von Schmelz- und Niederschlagswasser ganzjährig zu gewährleisten, muss der Abstand zwischen Erdwärmekollektoren so geplant und die Anlage so betrieben werden, dass um die Entzugsrohre gebildete Eisrinden nicht zusammenwachsen können. Damit der Energieentzug ausgeglichen werden kann und es nicht zu Gebäudeschäden durch Hebungen / Setzungen kommt, dürfen horizontale Erdwärmekollektoren nicht überbaut werden.

Um zu verhindern, dass sich die Erdwärmeanlagen bei der Wärmegewinnung gegenseitig beeinflussen oder die Auswirkungen mehrerer Anlagen sich aufsummieren, muss die Temperaturänderung auf dem eigenen Grundstück weitgehend abklingen. Bei den üblichen Erdwärmekollektoranlagen zur Erdwärmenutzung im Bereich privater Kleinanlagen bis 30 kW (Ein- oder Zweifamilienhäuser), ist ein Abstand von 1 m zur Grundstücksgrenze im Allgemeinen ausreichend (LAWA, 2011). Des Weiteren wird auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik gemäß VDI 4640 verwiesen.

⁴ Eine Überprüfung der Wärmebedarfsberechnung und der Berechnung der benötigten Heizleistung wird von der zuständigen Wasserbehörde im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis nicht vorgenommen

3.2.3 Besonderheiten bei Anlagen mit Direktverdampfern

Die Direktverdampfertechnik wird überwiegend in Anlagen mit Erdwärmekollektoren eingesetzt. Grundsätzlich sind bei Planung und Bemessung die Vorgaben nach VDI 4640 Blatt 2, sowie DIN 8901 zu beachten.

3.3 Standortkriterien und Planung für Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen)

Eine gute Planung (und Ausführung) der Bauwerke ist nicht nur für den Grundwasserschutz notwendig, sondern bietet auch Vorteile hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz. Optimal an den Untergrund angepasste Brunnenbauwerke können dauerhaft Energie- und Wartungskosten reduzieren.

Die im Vorfeld der Anlagenplanung und zur Standortbeurteilung erforderlichen Grundlagen sowie die in Nordrhein-Westfalen bestehenden Informationsangebote werden nachstehend näher erläutert. Zur Planung bzw. Prüfung durch die Behörde gehört die Beachtung folgender allgemeiner Punkte:

- Die wesentlichen Voraussetzungen für eine Grundwasserbenutzung sind der Nachweis der ausreichenden Ergiebigkeit sowie eine geeignete Grundwasserbeschaffenheit unter Beachtung der nachfolgend unter Kap. 3.3.3 und Kap. 3.3.4 genannten Aspekte. Hierfür sind in der Regel hydrogeologische Erkundungen vorzunehmen (bspw. Probebohrungen, Pumpversuche, vgl. Kap. 3.3.3).
- Wenn Hinweise auf eine nicht eindeutige hydrogeologische Situation vorliegen oder hohe Förderleistungen geplant sind, sollte grundsätzlich vorab ein Versuchsbrunnen errichtet werden, um ausreichende Planungssicherheit für das eigentliche Bauvorhaben zu gewährleisten. Anhand der ausgewerteten Bohrproben und von hydraulischen Tests kann ein am identischen Bohransatzpunkt abgeteufter Brunnen optimal geplant werden.
- Werden Versuchsbrunnen oder -bohrungen angelegt, so können diese im Idealfall auch für den späteren Anlagenbetrieb als Förder- oder Schluckbrunnen verwendet werden. Ist der Grundwasserleiter grundsätzlich für die geothermische Nutzung geeignet, das Bauwerk jedoch noch nicht ausreichend dimensioniert, sollte das neue Bauwerk möglichst an gleicher Position abgeteuft werden. Ist nach Auswertung der Versuchsbohrung jedoch keine Weiterführung der Anlagenplanung vorgesehen, so ist die Bohrung nach dem Stand der Technik zurückzubauen und der Rückbau zu dokumentieren.
- Die durch die thermische Grundwassernutzung bedingte Temperaturveränderung muss im Rahmen des nachfolgend in Kap. 3.3.2 angegebenen Bereichs bleiben.
- Das Grundwasser ist von der Entnahme über die Nutzung bis zur Wiedereinleitung in einem geschlossenen Kreislauf zu führen, um Veränderungen der Beschaffenheit zu verhindern (vgl. Kap. 3.3.4). Generell müssen die Brunnenbauwerke so abgedichtet werden, dass kein Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter gelangen kann (vgl. Kap 5.3.1.2).

- Es muss sichergestellt sein, dass im Abstrom gelegene, bestehende Anlagen Dritter hydraulisch oder thermisch nicht beeinträchtigt und in ihrer Funktion nicht eingeschränkt werden (vgl. Kap. 3.3.2 und Kap. 3.3.3). Bereits bei Planung und Anzeige des Vorhabens müssen daher eventuelle thermische und hydraulische Auswirkungen auf Nachbaranlagen geprüft werden. Diese können zu einer Ablehnung führen.
- Als Grundlage für die Anlagenplanung müssen analog dem Vorgehen bei Erdwärmesonden durch den Planer der Energiebedarf des Gebäudes sowie die benötigte Heizleistung (inklusive Warmwasserbedarf) entsprechend der einschlägigen Regelwerke bzw. Normen berechnet werden. Zur Beantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis muss die der Anlagenauslegung zu Grunde liegende Berechnung vorgelegt werden (vgl. Kap. 3.1.3 und Musterantrag, Anlage 1). Zur Ermittlung des zur Deckung des Wärme- und/oder Kühlbedarfs benötigten (Grund-)Wasserbedarfs wird auf die Ausführungen in VDI 4640 Blatt 2 verwiesen.
- Für den Bau der gesamten Anlage sind für die Temperaturbeanspruchung entsprechend geeignete, und korrosionsbeständige Materialien vorzusehen.

Die Zulässigkeit von Grundwasserwärmepumpenanlagen im Wirkungsbereich von Schadensfällen und Altablagerungen, Gebieten mit Bohrrisiken sowie in aktuellen oder ehemaligen Bergbaugebieten muss im Einzelfall geprüft werden (vgl. Kap. 3.3.1). Hinweise zur Planung von Grundwasserwärmepumpen bei größeren Anlagen enthält Anhang 1.

Weiterhin sollten folgende Aspekte bei der Planung in die Überlegungen einbezogen werden:

- Bei der Brunnenneuplanung ist immer auch der aktuelle Stand der Technik zu möglichen Rückbauvarianten einzubeziehen (siehe DVGW W 135). Dies bedeutet neben der belegbaren Abdichtung des Ringraums auch eine ausreichende Zugänglichkeit/Zuwegung zu den Bauwerken, um nach Ende des Lebenszyklus den erforderlichen Rückbau mit möglichst geringerem Aufwand und grundwasserschonend vornehmen zu können.
- Die geologischen Bedingungen, aber auch die hydrochemischen Bedingungen können sich auf kleinem Raum stark verändern. Je nach regionalen geologischen Rahmenbedingungen wird der tatsächlich angetroffene Untergrundaufbau (Stockwerksbau, Durchlässigkeit, Hohlräume etc.) mehr oder weniger von der erwarteten Situation abweichen. Insbesondere bei geringmächtigen Grundwasserleitern ist die genaue Kenntnis über die minimal verfügbare wassererfüllte Mächtigkeit für eine ausreichende Ergiebigkeit des Brunnens entscheidend. Daher bietet ein Versuchsbrunnen mit einer möglichst repräsentativen Bohrprobengewinnung immer den Vorteil einer optimalen Planungssicherheit für das gesamte Brunnenbauwerk. Zusammen mit einer professionellen Planung bildet dieses Vorgehen die sicherste Grundlage für ein technisch einwandfreies, langlebiges und wirtschaftliches Bauwerk.
- Bei der Brunnenbemessung sind mehrere Randbedingungen zu beachten. Der Innendurchmesser der Ausbauverrohrung ist auf die erforderliche Pumpengröße auszulegen; weiterhin ist auf ein geeignetes Verhältnis zwischen Bohrdurchmesser und Ausbaudurchmesser zu achten. Neben einem sicheren Einbau des Ausbaustrangs gewährleistet ein ausreichend groß bemessener Ringraum eine voll umschließende

Umschüttung des Ausbaustrangs mit Filter- und Abdichtungsmaterial. Zu große Ringräume wiederum erschweren die Wirksamkeit von Entsandungs- und Regenerierungsmaßnahmen, so dass das erforderliche Verhältnis von Bohrdurchmesser zu Ausbaudurchmesser abzustimmen ist. Ein allseitiger Ringraumspalt von jeweils 80 mm sollte in der Regel nicht unterschritten werden.

- Für die Planung und Errichtung des Schluckbrunnen gelten die gleichen Anforderungen wie für den Entnahmebrunnen. In den Schluckbrunnen können sich die im zuvor durchströmten Leitungsnetz ausgefallten Verbindungen akkumulieren (ggf. auch Sand), so dass Schluckbrunnen im Allgemeinen früher von hydraulischen Beeinflussungen betroffen sind. In der Regel sollten Schluckbrunnen daher größer dimensioniert werden.

3.3.1 Allgemeine Standortkriterien

Grundwasserwärmepumpen stellen in Gebieten mit günstigen hydrogeologischen Voraussetzungen bei sorgfältiger Planung, sachkundigem Einbau und korrekter Betriebsweise eine effiziente Möglichkeit der Erdwärmenutzung dar. Zu beachten sind dabei jedoch auch die Beschaffenheit des genutzten Grundwassers, mögliche Risiken am Standort sowie Gebiete mit Einschränkungen.

Bei der Planung und Dimensionierung von Grundwasserwärmepumpen müssen Informationen über die hydrogeologischen Verhältnisse am Projektstandort vorhanden sein oder im Zuge hydrogeologischer Erkundungen erhoben werden. Dabei sind insbesondere die nachfolgenden Kriterien von Belang:

- Geologische / hydrogeologische Beschreibung des Untergrunds (ggf. inklusive Gliederung in Grundwasserstockwerke) bzw. des für die Nutzung vorgesehenen Grundwasserleiters
- Grundwasserstand/-druckpotential,
- Hydraulische Kennwerte (Durchlässigkeit, Ergiebigkeit des Grundwasserleiters; vgl. Kap. 3.3.1.1)
- Grundwasserfließrichtung
- Grundwasserbeschaffenheit (vgl. Kap. 3.3.1.2)

Als Grundlage zur Beurteilung der Standorteignung werden auch Informationen zu möglichen Risiken bzw. Einschränkungen benötigt. Dazu gehören:

- Informationen zu möglichen Beeinträchtigungen der Grundwasserbeschaffenheit durch Altlasten oder Altstandorte
- Informationen über Sumpfungseinflüsse, künstliche Grundwasserabsenkungen / Gruben- oder Grundwasserwiederanstiege
- Informationen über geologisch und/oder bergbaulich bedingte Bohrrisiken (vgl. Kap. 3.1.2)
- Informationen über Restriktionen in Bezug auf Wasser- und Heilquellenschutzgebiete und sonstige schützenswerte Grundwasservorkommen (vgl. Kap. 4.1, Kap. 4.2)
- Bestehende Grundwassernutzungen in der näheren Umgebung

Die genannten Informationen bilden nicht nur die Grundlage für die Bewertung der Standortteignung, sondern werden auch für die Anlagendimensionierung benötigt. Der Planer und das Bohrunternehmen müssen sich vor Durchführung der Arbeiten entsprechend informieren.

Da die Errichtung und der Betrieb von Grundwasserwärmepumpen immer eine direkte Gewässerbenutzung nach § 9 Absatz 1 Nr. 4 WHG darstellt, ist hierfür in jedem Fall eine wasserrechtliche Erlaubnis bei der Wasserbehörde zu beantragen (vgl. Kap. 2.1.2.3). Der Antrag muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Anlagenplanung des Wärmepumpensystems
- Lage der Entnahme-/Einleitungsstelle,
- Entnahme-/Einleitungsmenge. Diese ergibt sich aus der benötigten Wasserzufuhr; anzugeben sind mittlerer Wert (Jahresdurchschnitt) & maximaler Wert (Spitzenlastzeiten) in m³/s,
- Chemische und physikalische Zusammensetzung des entnommenen und des eingeleiteten Wassers (insbesondere Temperatur und maximale Temperaturveränderung),
- Hydrogeologische Beschreibung des zu nutzenden Grundwasserleiters,
- Grundwasserstand (-druckpotential),
- Hydraulische Kennwerte (Durchlässigkeit, Ergiebigkeit) und Grundwasserfließrichtung, soweit diese bereits bekannt sind.

Hinsichtlich der Standortkriterien für Grundwasserwärmepumpen sind die in den folgenden Kapiteln (3.3.1.1, 3.3.1.2) beschriebenen Aspekte zu beachten.

3.3.1.1 Hydrogeologische Rahmenbedingungen

Wichtige Voraussetzungen zur Einrichtung einer Grundwasserwärmepumpenanlage sind eine ausreichende Ergiebigkeit des Entnahmebrunnens („technische und langfristige Ergiebigkeit“) und eine ausreichende Schluckfähigkeit des Einleitungsbrunnens (Schluckbrunnens). Gut geeignet für die Anlage von Grundwasserwärmepumpen sind im Allgemeinen Porengrundwasserleiter (Sande und Kiese) mit einem geringen Anteil an Feinbestandteilen (Feinsand, Schluff, Ton) und mit geringem Grundwasserflurabstand. Sie sind bohrtechnisch einfach zu erschließen und weisen eine hohe Ergiebigkeit und ein ausreichendes Schluckvermögen auf. Dies sind in Nordrhein-Westfalen insbesondere die quartären Lockergesteinsgebiete.

Standorte mit kleinen Grundwassereinzugsgebieten, großen saisonalen Grundwasserstandsschwankungen und/oder geringen Grundwassermächtigkeiten sind nicht oder nur eingeschränkt für Grundwasserwärmepumpenanlagen geeignet. Grundwasserleiter mit hohen Grundwasserflurabständen bieten sich aus wirtschaftlicher Sicht i. d. R. weniger an. In Kluft- und Karstgrundwasserleitern sind nur durchlässige Gebirgsbereiche für den Bau von Grundwasserwärmepumpenanlagen geeignet. Hier stellt vor allem das Auffinden nutzbarer Gebirgsbereiche höhere Ansprüche an Erkundung und Planung (bspw. aufwändige Feldversuche, Probebohrungen, Pump- und Wiedereinleitungsversuche).

Grundwasserleiter können freies oder unter Deckschichten unter Druck stehendes („gespanntes“) Grundwasser enthalten. In beiden Fällen sind thermische Grundwassernutzungen grundsätzlich möglich. Bei gespanntem Grundwasser ist allerdings zu berücksichtigen, dass

- Absenkung und Aufhöhung des Wasserstands durch die Entnahme und Wiedereinspeisung große Ausdehnungen erreichen können
- Insbesondere bei artesisch gespannten Grundwasserleitern die Rückgabe des Grundwassers eventuell nur mit Druckerhöhung möglich ist.

Eine Übersicht über die Verbreitung der für die Anlage von Grundwasserwärmepumpen besonders geeigneten Porengrundwasserleiter kann beim LANUV bezogen werden. Die Eignung des Untergrunds für Entnahme- und Schluckbrunnen muss in jedem Einzelfall am jeweiligen Standort geprüft werden, da die Zusammensetzung der Lockergesteine bzw. die Klüftigkeit der Festgesteine kleinräumig variieren kann.

3.3.1.2 Grundwasserbeschaffenheit

Neben den hydrogeologischen Rahmenbedingungen ist für die Beurteilung der Standorteignung die Grundwasserbeschaffenheit relevant (. Besonders geeignet für den Betrieb von Grundwasserwärmepumpen sind sauerstoffreiche ($O_2 > 3 \text{ mg/l}$), weiche bis mittelharte Grundwässer. Bei sauerstoffarmen bzw. Grundwässern mit reduzierendem Milieu sind hingegen Oxidations- und Fällungsprozesse durch Sauerstoffzutritt möglich und müssen durch eine entsprechende Abdichtung des Gesamtsystems verhindert werden. Besondere Beachtung bei der Planung und beim Betrieb erfordern Grundwässer mit einer oder mehreren der nachfolgenden Eigenschaften:

- anthropogen verunreinigt (bspw. durch Altlasten)
- sauerstoffarm, mit hohen Eisen- und Mangankonzentrationen
- organisch stark belastet
- sehr gering mineralisiert, ohne ausreichende Pufferkapazität
- chloridreich oder hoch mineralisiert
- sehr hart
- CO_2 -reich
- metallaggressive Eigenschaften

Wesentliche Aspekte des Grundwasserchemismus bei der Planung von Grundwasserwärmepumpen werden auch in VDI 4640 Teil 2 genannt. Bei relevanten Schadstoffgehalten im Grundwasser sind zur Wiedereinleitung in den Untergrund die Anforderungen des WHG (§ 48 Abs.1) und der GrwV (§ 13 Abs.1) zu beachten. Ggf. ist eine Wiedereinleitung dann nicht zulassungsfähig oder an Nebenbestimmungen gebunden. In solchen Fällen (bspw. im Einflussbereich von Altlasten oder Altstandorten) wäre vor der Wiedereinleitung ggf. eine Reinigung des geförderten Grundwassers erforderlich. Dadurch kann der Betrieb einer Grundwasserwärmepumpe unrentabel werden. Als Anhaltspunkt für zulässige Konzentrationen von Stoffen im Grundwasser dienen die Geringfügigkeitsschwellenwerte der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 2004; LAWA 2016).

In Nordrhein-Westfalen sind in einigen der für Grundwasserwärmepumpen interessanten Gebiete Eisen- und Mangangehalte zu beachten. Als Faustregel gelten Eisengehalte ab 0,5 mg/l und Mangangehalte ab 0,2 mg/l als kritisch. Ein Bau ist dennoch möglich, wenn entsprechende Maßnahmen umgesetzt und Hinweise beachtet werden (vgl. BLA-Geo, 2011):

- Abschluss des Wasserkreislaufes gegenüber Luftzutritt (vgl. Kap. 3.3.4).
- Repräsentative Probenahme bei der Untersuchung der hydrochemischen Zusammensetzung des Grundwassers. Beachtung unterschiedlicher Redoxverhältnisse in verschiedenen GW-Tiefen (vgl. Kap. 3.3.4)
- Weiterhin ist zu beachten, dass Grundwasserentnahmen und –Einleitungen zu einer Änderung des Grundwasserspiegels führen und dadurch zu Änderungen der Redoxverhältnisse, Ausfällungs- und Lösungsprozessen beitragen können. Sehr harte ebenso wie gering gepufferte Wässer, sowie Wässer mit hohen Eisen- oder Mangankonzentrationen können deshalb Probleme bereiten.
- Bei deutlich erhöhten Eisen- und Mangankonzentrationen und geringem Sauerstoffgehalt des Grundwassers muss ggf. von der Errichtung einer Anlage abgesehen werden.

Damit die Grundwasserwärmepumpenanlage an die hydrochemischen Verhältnisse am Standort optimal angepasst werden kann, sind an Ort und Stelle im vorgesehenen Tiefenbereich Grundwasseruntersuchungen zu empfehlen (zum Umfang siehe z.B. VDI 4640 Blatt 2). Hier sind auch die Vorgaben/Einsatzgrenzen der Wärmepumpenhersteller zu beachten. Je nach Standortverhältnissen kann die Wasserbehörde die Untersuchung weiterer Parameter verlangen (z. B. Altlastenproblematik).

3.3.2 Einzuhaltende Grundwassertemperaturen und daraus resultierende Anforderungen an die Planung

Nach § 48 Abs. 1 WHG darf das Einleiten und Einbringen von Stoffen in das Grundwasser nur zugelassen werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit ist auch durch eine physikalische Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit möglich. Temperaturveränderungen sind daher nur dann tolerierbar, wenn sie regional innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite bleiben (vgl. Kap. 7.2). Als Mindestanforderung für den einzuhaltenden Temperaturbereich gelten grundsätzlich die Anforderungen der VDI-Richtlinie 4640 (Blätter 1-2). Um nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit zu vermeiden, müssen die in Tabelle 2 aufgeführten Werte eingehalten werden.

Tabelle 2: Einzuhaltende Temperatur für die Grundwassereinleitung des thermisch genutzten Grundwassers

	Temperatur
Temperaturveränderung des eingeleiteten Wassers gegenüber der Entnahmetemperatur des Grundwassers	maximal $\pm 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Mindesttemperatur des einzuleitenden Wassers	ca. $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Höchsttemperatur des einzuleitenden Wassers (bei Kühlung)	$20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Bei der Rückgabe des thermisch genutzten Grundwassers in den Grundwasserleiter entsteht eine Temperaturfahne in Grundwasserabstromrichtung. Temperaturfahnen können ein Konfliktpotenzial bergen, wenn sie über das Grundstück des Bauherrn hinaus reichen und sich über mehrere Grundstücke erstrecken. Bei zu starker Absenkung der Temperatur kann es bei einem Unterlieger, der auch eine Grundwasserwärmepumpenanlage betreibt, zur Leistungsminderung oder zum Versagen der Anlage kommen.

Die Wärmepumpenhersteller geben als Mindesttemperatur für den Grundwasserzulauf in der Regel einen Wert von $7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ an. Bei niedrigeren Zulufttemperaturen oder größeren saisonalen Temperaturschwankungen und üblicher Temperaturabsenkung um $4\text{-}5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ besteht die Gefahr, dass es zum Einfrieren und Platzen des Plattenwärmetauschers kommt. Bei Betrieb eines Zwischenkreislaufs ist die hierdurch bedingte zusätzliche Temperaturabsenkung von $1\text{-}2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ zu berücksichtigen. Es ist darauf zu achten, dass es bei geringmächtigen bzw. nicht sehr ergiebigen GW-Leitern nicht zu einer zu starken Absenkung der GW-Temperatur kommen kann.

Die Ausdehnung von Temperaturfeldern kann mit thermohydraulischen Rechenmethoden beschrieben werden. Diese berücksichtigen neben den hydraulischen Transportmechanismen (Konvektion, Dispersion) auch die Wärmeleitfähigkeit (Konduktion) und die Wärmespeicherung im Grundwasserleiter. Rechenverfahren zur Ermittlung von Temperaturfeldern sind bspw. in einer Arbeitshilfe des Umweltministeriums Baden-Württemberg (Umweltministerium BW 2009) beschrieben.

3.3.3 Hydraulische Auswirkungen und daraus resultierende Anforderungen an die Planung und Zulassung

Durch die Entnahme und Rückführung des genutzten Grundwassers bilden sich am Entnahme- und Schluckbrunnen lokal Absenkungstrichter bzw. Grundwasseraufhöhungen aus. Bei nicht sachgerecht angeordneten Entnahme- und Schluckbrunnen können hydraulische (und/oder thermische) Kurzschlüsse entstehen. Generell ist sicherzustellen, dass der Grundwasserhaushalt des genutzten Grundwasserleiters nicht durch die Grundwassernutzung dauerhaft verändert wird. Hydraulische Auswirkungen müssen daher bei der Planung berücksichtigt und individuell, d.h. standort- und anlagenspezifisch, hinsichtlich wasserrechtlich relevanter Auswirkungen und erforderlicher Maßnahmen geprüft werden. Im Einzelnen sind die folgenden Anforderungen bei der Planung zu berücksichtigen und im Rahmen des Erlaubnisverfahrens zu prüfen:

- Die Entnahme und Rückgabe des thermisch genutzten Grundwassers erfolgt durch nach den entsprechenden technischen Regelwerken errichteten Entnahme bzw. Rückgabe(Schluck)-brunnen (vgl. Kap. 5.3.1).
- Die Entnahme und Wiedereinleitung darf nur im obersten Grundwasserstockwerk erfolgen. Ausnahmen hiervon müssen durch die Wasserbehörde in jedem Einzelfall geprüft werden. Getrennte Grundwasserstockwerke dürfen nicht hydraulisch verbunden werden.
- Entnahme- und Schluckbrunnen müssen so dimensioniert werden, dass der von der Wärmepumpe benötigte (Grund-)Wasserbedarf (vgl. Aufstellung in Kap. 3.3) und dessen Wiedereinleitung auch bei Spitzenlasten im Winter noch gewährleistet sind. An die Brunnen sind deshalb hohe technische Anforderungen zu stellen.
- Die Anlagen sind so zu errichten, dass keine Setzungsschäden im Bereich der Entnahme und keine bauwerksrelevanten Grundwasseranstiege oder Vernässungen im Bereich der Rückführung des Grundwassers entstehen.
- Voraussetzung zur Vermeidung hydraulischer Auswirkungen ist eine ausreichende Ergiebigkeit und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters. Dies ist vorher durch geeignete Erkundungen (Pumpversuche, ggf. Probebohrungen) nachzuweisen. Ob zu diesem Zweck bereits vorhandene Daten, Stellungnahmen oder Gutachten als Referenz zulässig sind, ist in jedem Einzelfall durch die Wasserbehörde zu entscheiden. Zu beachten ist dabei die mögliche kleinräumige Variabilität der hydrogeologischen Verhältnisse (s.o.). Bei unsicheren Verhältnissen oder zu erwartender geringer Durchlässigkeit ($k_f < 10^{-4}$) sollte in jedem Fall ein Pumpversuch nach DVGW W 111 gefordert werden.
- Die Rückleitung des gesamten entnommenen Grundwassers muss mittels Schluckbrunnen in denselben Grundwasserleiter und Grundwasserhorizont erfolgen. Ausnahmen hiervon müssen durch die Wasserbehörde in jedem Einzelfall im Rahmen des Erlaubnisverfahrens geprüft werden.
- In Fällen, in denen Rückleitung durch die lokalen hydrogeologischen Verhältnisse erschwert ist, ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Wiedereinleitung über Versickerungsanlagen (z. B. Sickerschächte, Sickerblöcke, Rigolen) zugelassen werden kann. Dies ist z. B. bei reduzierten Grundwässern denkbar, wenn eine schnelle Verockerung des Rückgabebrunnens zu erwarten ist (zur Notwendigkeit eines luftdichten Wasserkreislaufs vgl. Kap. 3.3.1.2).
- Die Rückgabe des Grundwassers muss in der Regel auf demselben Grundstück wie die Entnahme erfolgen.
- Schluckbrunnen oder Versickerungsanlagen müssen in ausreichendem Abstand grundwasserunterstromig zum Entnahmebrunnen platziert werden, um einen hydraulischen bzw. thermischen Kurzschluss und eine damit verbundene Abnahme der Wärmeentzugsleistung zu vermeiden. Zur räumlichen Bestimmung der Grundwasserfließrichtung und der Ausdehnung von Entnahme- und Rückgabebereich sind gute Kenntnisse der lokalen und regionalen hydrogeologischen und hydraulischen Verhältnisse erforderlich. In einigen Gebieten können diese Informationen aus vorhandenen, lokalen Studien entnommen werden, andernfalls können sie auf der Grundlage von Fachliteratur (Hydrogeologische Karten, Hydrogeologische Erkundung) und Fachinformationssystemen (vgl. Kap. 3.4) in der Regel nur großräumig abgeschätzt werden. Grundwasserstände und Fließrichtungen können auf Anfrage beim LANUV

NRW oder der Wasserbehörde eingeholt werden. Allerdings sind nicht für alle Gebiete ausreichende, ortsspezifische und für den dauerhaften Betrieb repräsentative Daten vorhanden, so dass eine standortspezifische Erkundung der Grundwasserfließrichtung (hydrogeologisches Dreieck) erforderlich ist.

3.3.4 Aus der Grundwasserbeschaffenheit resultierende Anforderungen an die Planung

Die Grundwasserbeschaffenheit ist gemäß den Anforderungen und Kriterien in Kap. 3.3.1 zu untersuchen. Um unerwünschte chemische Reaktionen, insbesondere Eisen- und Manganausfällungen zu vermeiden, die zu Anlagenbeschädigungen bzw. Betriebsausfällen führen können, gelten bei erhöhten Eisen- oder Mangangehalten und sauerstoffarmem Grundwasser folgende Empfehlungen:

- Bei der technischen Ausführung ist auf einen luftdichten Abschluss des Wasserkreislaufes zu achten (geschlossener Kreislauf, s.a. Aufstellung in Kap. 3.3.1.2).
- Bei der Überprüfung der hydrochemischen Zusammensetzung des Grundwassers in der jeweiligen Tiefe müssen die Probendaten repräsentativ für das genutzte Grundwasser in der jeweiligen Tiefe sein. Dabei ist auf eine ggf. vorhandene Schichtung des Grundwassers (hinsichtlich der Eisen-/Mangangehalte oder des Redoxpotenzials) zu achten.
- Die Wasserprobenentnahme, -transport und Analytik sollte durch ein akkreditiertes Labor erfolgen, um sichere Aussagen zu den hydrochemischen Bedingungen treffen zu können.
- Erhöhte DOC-Gehalte des Grundwassers bzw. ein erhöhtes Risiko für Einträge organischer Stoffe in das Grundwasser sind bei der Festlegung der zulässigen Temperaturveränderungen zu berücksichtigen und müssen daher im Voraus ermittelt werden.

Auch bei grundsätzlicher hydrochemischer Eignung des Grundwassers ist die Brunnenalterung auf lange Sicht nicht auszuschließen. Jeder Brunnen muss daher so gebaut werden, dass eine spätere Regenerierung möglich ist.

3.4 Informationsangebote

Die grundstücksbezogene Standortprüfung ist Voraussetzung für jede Art von Erdwärmenutzung. Dazu müssen alle verfügbaren Fachinformationen zu den für das jeweilige Vorhaben relevanten (d.h. die in Kap. 3.1 bis Kap. 3.3 genannten) Aspekten eingeholt und einer qualifizierten Beurteilung unterzogen werden.

Dazu stehen in Nordrhein-Westfalen die nachfolgend aufgeführten Dienste zur Verfügung. Darüber hinaus können Informationen bei den Unteren Boden- und Wasserbehörden der Kreise und kreisfreien Städte nachgefragt werden.

Online-Geothermieportal NRW des Geologischen Dienstes NRW (in Kooperation mit der Energieagentur NRW).

Beschreibung: Das Portal umfasst Informationen aus verschiedenen Kartenwerken des Geologischen Dienstes NRW und stellt sie in der jeweils aktuellen Version bereit. Im Einzelnen sind dies: die "Karte der Standorteignung der Böden zum Einsatz horizontaler Erdwärmekollektoren", die "Geothermische Karte von Nordrhein-Westfalen für Erdwärmesonden" sowie die "Karte der Standortbeurteilung aus hydrogeologischer Sicht".

Für die Planung von Erdwärmekollektoren bietet das Portal landesweit Informationen zum Wärmepotenzial in den bodennahen Schichten bis zwei Meter, für die Planung von Erdwärmesonden bis 100 Meter Tiefe die Beschreibung der geothermischen Ergiebigkeit des Untergrundes sowie Angaben über (hydro)geologisch sensible Bereiche. Hierzu gehören Vorkommen von verkarstungsfähigen oder quelfähigen Gesteinen, dauerhaft oder zeitweise artesisch gespanntes Grundwasser, hydrogeologisch sensibler Stockwerksbau, bekannter oder vermuteter CO₂-Aufstieg und (in Planung) Bereiche mit bekannten, auch potenziell druckhaften Methanvorkommen. Darüber hinaus wird die Möglichkeit geprüft, weitere Informationen, insbesondere zu bergbaubedingten Restriktionen in Bezug auf Geothermiebohrungen, im Online-Geothermieportal NRW zu ergänzen.

Eine kostenpflichtige Profiversion des Geothermieportals „Geothermie in NRW“ richtet sich an Fachleute und ausführende Firmen wie Planer, Architekten, Bohrunternehmen und Installateure. Hierüber lassen sich ergänzend neben dem konkreten standortspezifischen geothermischen Potenzial online ca. 30.000 prognostische Schichtenverzeichnisse des Untergrundes abfragen. Die Schichtenverzeichnisse enthalten geologische und hydrogeologische Informationen bis 100 m Tiefe, die für die Planung einer Erdwärmesondenanlage von Bedeutung sind. Dies sind Gesteinsausbildung, durchschnittliche Mächtigkeit der Gesteinsschichten, Stratigraphie, Klassifikation der Gesteine in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter, mittlerer Grundwasserstand bei Lockergesteinen.

Adresse: <https://www.geothermie.nrw.de>

Kostenpflichtige Auskunft des Geologischen Dienstes NRW

Beschreibung: Die kostenpflichtige Auskunft enthält Angaben zu den gesteinspezifischen Wärmeleitfähigkeiten für die Planung von vertikalen Erdwärmesonden bis 100 m Länge sowie für das jeweilige Projektgrundstück ein prognostisches geologisches Schichtenverzeichnis. Außerdem enthält die Auskunft Informationen zum mittleren Grundwasserstand im Lockergestein, zu hydrogeologisch sensiblen Bereichen sowie Hinweise zu Wasserschutzgebieten.

Adresse: https://www.gd.nrw.de/ew_be.htm

Bohrungsportal des Geologischen Dienst NRW

Beschreibung: Das Bohrungsportal beinhaltet kostenfreie Informationen über die Lage von Bohrungen und Aufschlüssen in Nordrhein-Westfalen mit zusätzlichen Karten zu Geologie und Boden. Im Portal kann über die Karte auf vereinfachte Schichtenprofile der Bohrungen ohne Eigentumsvorbehalt zugegriffen werden.

Adresse: <https://www.bohrungen.nrw.de/>

Datenbank Aufschlüsse und Bohrungen [DABO] des GD NRW

Beschreibung: In der Datenbank Aufschlüsse und Bohrungen [DABO] werden punktuelle Untergrundinformationen zu Bohrungen und anderen Aufschlüssen Nordrhein-Westfalens erfasst, bearbeitet und digital vorgehalten. Die enthaltenen Daten können kostenpflichtig bezogen werden.

Adresse: https://www.gd.nrw.de/pr_shop_informationssysteme_dabo.htm

Fachinformationssystem „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen“ (FIS GDU) des Geologischen Dienstes und der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 Bergbau und Energie in NRW

GDU-Bürgerversion:

Beschreibung: Im Fachinformationssystem „Gefährdungspotenziale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen“ finden sich Baugrund relevante Informationen über die Verbreitung geologisch und/oder bergbaulich bedingter Untergrundgefährdungen, die bei der Planung eines Bauvorhabens zu berücksichtigen sind. Die Informationen werden aus Datenschutzgründen nicht grundstücksbezogen, sondern im 1 km x 1 km Raster angezeigt. Grundstücksbezogene Auskünfte können mit einem Eigentumsnachweis oder unter Vorlage einer Vollmacht des Eigentümers online beantragt werden.

Adresse: <https://www.gdu.nrw.de>

GDU-Behördenversion:

Beschreibung: Die der Bürgerversion zu Grunde liegenden Informationen werden grundstücksbezogen angezeigt. Der Zugang besteht für registrierte Nutzer der berechtigten öffentlichen Stellen gemäß Untergrund-Datenübermittlungsverordnung NRW über das Landesverwaltungsnetz.

Adresse: https://lv.kommunen.nrw.testa-de.net/GDU_Behoerde/

Die im Fachinformationssystem GDU dargestellten Informationen über Gefährdungspotenziale beziehen sich in erster Linie auf die Auswirkungen an der Tagesoberfläche bzw. auf den Baugrund. Sie beinhalten keine Gefährdungspotenziale, die z.B. durch Bohrungen im Untergrund angetroffen werden können (z.B. durch druckhaftes Methangas im Untergrund). Die entsprechenden Informationen werden neben der Anwendung im Landesverwaltungsnetz auch als Web Map Service (WMS) zur Nutzung in eigenen Geoinformationssystemen der berechtigten öffentlichen Stellen bereitgestellt.

Online-Portal NRW Umweltdaten vor Ort des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW

Beschreibung: Auf dem Online-Portal werden Informationsangebote aus den Themenbereichen Natur, Wasser und Abwasser, Lärm, Abfall, sowie Verbraucherschutz bereitgestellt. Hier finden sich unter anderem Messdaten des Landesgrundwasserdienstes (Grundwasserstände) und die Wasserschutzgebiete.

Adresse: <http://www.uvo.nrw.de/>

Elektronisches Datenverbundsystem ELWAS der Wasserwirtschaftsverwaltung NRW

Beschreibung: Das Datenverbundsystem ELWAS mit dem Auswertewerkzeug ELWAS-WEB ist ein elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem der Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW. ELWAS-WEB ist auch für alle Bürger zugänglich. Hier finden sich u.a. die Messdaten des Landesgrundwasserdienstes (Grundwasserstände, Grundwasserbeschaffenheit) und die Wasserschutzgebiete.

Adresse: <http://www.elwasweb.nrw.de>

Fachinformationssysteme FisStoBo und FisAlbo

Beschreibung: Landesweite Informationen zum Vorkommen von Schadstoffen im Boden, schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten stehen zur Prüfung durch die Wasserbehörden durch die Fachinformationssysteme FisStoBo und FisAlbo bzw. im Bodeninformationssystem NRW (BIS NRW) zur Verfügung. Darüber hinaus sind Informationen bei den Bodenschutzbehörden vorhanden.

Adressen: <https://www.stobo.nrw.de>
<http://lv.lanuv.nrw.testa-de.net/albo-apps/>
<http://www.lanuv.nrw.de/umwelt/bodenschutz-und-altlasten/infosysteme/bodeninformationssystem-nrw/>

Geoportal NRW

Beschreibung: Im Geoportal NRW werden frei verfügbare landesweite Geodaten kostenfrei zur Download bereitgestellt. Enthalten sind bspw. Geodaten zu Grundwasserstand (Flurabstandskarte), Grundwasserneubildung, Gewässernetz.

Adresse: <https://www.geoportal.nrw/>

4 Besondere Anforderungen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten

4.1 Grundsätzliche Anforderungen in Schutzgebieten

4.1.1 Schutzgebiete für die öffentliche Trinkwasserversorgung aus Grundwasser

In Schutzgebieten nach den §§ 51 Absatz 1 Nr. 1, 52 WHG zum Schutz einer bestehenden oder künftigen öffentlichen Wasserversorgung vor nachteiligen Einwirkungen sind neben den allgemeinen Regelungen über Erlaubnis und Anzeige (siehe Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2) die Vorgaben der jeweiligen Verordnung beachten. Den Verordnungsregelungen liegen i.d.R. das DVGW-Regelwerk und die dort enthaltenen wasserwirtschaftlichen Erwägungen zu Grunde. Die Schutzgebietsverordnungen regeln nach § 52 Absatz 1 WHG typischerweise besonders gefährliche Situationen, es genügt die abstrakte Gefährlichkeit, eine konkrete Gefahr muss nicht vorliegen.

Neuere Wasserschutzgebietsverordnungen treffen spezielle Regelungen für Anlagen zur Erdwärmenutzung. Ansonsten werden in Wasserschutzgebietsverordnungen – ohne einen besonderen Bezug zu Anlagen zur Erdwärmenutzung – Erdaufschluss, Bohrungen und der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sowie Entnahmen und Einleitungen geregelt. Unter diese Regelungen können auch Anlagen zur Erdwärmenutzung subsumiert werden.

Wasserschutzgebiete sind zur Abstufung des Schutzniveaus in engere (Zone I, II) und weitere Schutzzonen (Zone III oder IIIA/IIIB) unterteilt. Die Zone I ist die Zone unmittelbar um die Fassungsanlage. Sie hat den Schutz der Wassergewinnungsanlage und ihrer unmittelbaren Umgebung vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen zu gewährleisten. Daher sind jegliche Baumaßnahme abgesehen von den Anlagen zur Wasserfassung und -gewinnung sowie das Betreten (außer im Zusammenhang mit dem Betrieb der Wassergewinnung) verboten. Die Zone II hat den Schutz vor Verunreinigungen durch den Eintrag von pathogenen Keimen und abbaubaren Stoffen (sowie erst recht von persistenten Stoffen) sicherzustellen. Dementsprechend wird sie bemessen und durch Verbote und Maßnahmen geschützt. Bei den Verboten ist maßgeblich, dass der Fließweg innerhalb dieser Zone bis zum Erreichen des Brunnens für einen Rückhalt/Abbau der Kontamination durch diese Stoffe nicht ausreichend ist und daher jede Besorgnis, dass diese Stoffe eingetragen werden, ausgeschlossen werden muss. Dementsprechend ist die Errichtung von Erdwärmeanlagen in den Zonen I und II in der Regel bereits aufgrund der Schutzgebietsverordnung verboten. In Wasserschutzgebieten und insbesondere in deren weiteren Zonen ist bezüglich Anlagen zur Erdwärmenutzung entsprechend den im Folgenden sowie in Kap. 4.2 beschriebenen Anforderungen vorzugehen.

Wenn eine Wasserschutzgebietsverordnung zu Anlagen zur Nutzung von Erdwärme spezielle Regelungen zum qualitativen Schutz (Schutzzonen I, II, III (IIIA/IIIB)) trifft, sind diese anzuwenden. Sowohl bei der Prüfung von Anträgen über die nach der jeweiligen Verordnung geregelten Zulassungen (bei Verboten: Ausnahme oder Befreiung vom Verbot; bei Genehmigungspflicht: Genehmigung) als auch im Rahmen des Erlaubnisverfahrens (s. Ausführungen unter Kap. 2.1.1. und Kap. 2.1.2) sind je nach geplanter Technik die nachfolgend unter

Kap. 4.2 beschriebenen wasserwirtschaftlichen Überlegungen zu beachten. Da es im Schutzgebiet um das besonders hervorgehobene Schutzgut Trinkwasserversorgung geht, sind die Anforderungen an den Nachweis des Eintritts schädlicher Gewässeränderungen nicht hoch, es genügt eine vernünftige Prognose.

Eine Erlaubnis für eine Gewässerbenutzung in einem Schutzgebiet, die mit Bau und Betrieb einer Anlage zur Erdwärmenutzung verbunden ist, kann nicht erteilt werden, wenn das Vorhaben bereits nach der Schutzgebietsverordnung nicht zulassungsfähig ist.

Sollte der zwingende Versagungsgrund der nicht ausgleichbaren schädlichen Gewässeränderungen nicht vorliegen, ist im Rahmen des Ermessens erneut zwischen der Trinkwassergewinnung und dem Interesse an einer Anlage abzuwägen.

4.1.2 Schutzgebiete von Talsperren für die öffentliche Trinkwasserversorgung

Die Ausführungen unter Kap. 4.1.1 und Kap. 4.2.1 sind nicht übertragbar auf das Schutzgebiet für den oberirdischen Zufluss von Trinkwassertalsperren, soweit es sich bei den im Einzugsgebiet anstehenden Gesteinen um Grundwassernicht- oder -geringleiter der Festgesteinsgebiete handelt. Erdwärmesonden sind in diesen Gebieten ggf. auch ohne die o.g. Restriktionen möglich, sofern durch Bohrungen und Erdarbeiten keine neuen Wegsamkeiten geschaffen werden und ein oberflächennaher Austritt von wassergefährdenden Stoffen im Schadensfall wirksam ausgeschlossen werden kann. Die Bestimmungen der jeweiligen Schutzgebietsverordnung und das Schutzziel sind zu beachten.

4.1.3 Heilquellenschutzgebiete

Die Ausführungen in Kap. 4.1.1 sowie die wasserwirtschaftlichen Ausführungen, auf die verwiesen wird (Kap. 4.2) gelten entsprechend für die Heilquellenschutzgebiete nach § 53 WHG. Sind Regelungen in einer Heilquellenschutzgebietsverordnung für Anlagen zur Nutzung von Erdwärme für die qualitativen (Schutzzonen I, II, III (III1/III2) und quantitativen Schutzzonen (A, B) getroffen, sind diese anzuwenden.

4.1.4 Anlagen zur Erdwärmenutzung im Einzugsgebiet einer Entnahme zur öffentlichen Trinkwasserversorgung ohne Schutzgebiet

Im Einzugsgebiet einer Trinkwassergewinnung, für die kein Wasserschutzgebiet festgesetzt ist, sind bei der Entscheidung über Anträge auf Erlaubnis von Benutzungen, die mit einer Anlage zur Erdwärmenutzung verbunden sind, die vorstehenden Ausführungen unter Kap. 4.1.1 zu Erlaubnissen für Vorhaben im Schutzgebiet, für die aber die Regelungen der Schutzgebietsverordnung nicht einschlägig sind, entsprechend anzuwenden. Für die Entscheidung, ob sich eine Anlage im Einzugsgebiet befindet, sind die Angaben zum Einzugsgebiet in den Antragsunterlagen für die Zulassung der Entnahme heranzuziehen.

4.2 Besondere Anforderungen/Restriktionen an die Techniken zur Erdwärmennutzung in Schutzgebieten

4.2.1 Erdwärmesonden

Mit der Errichtung und dem Betrieb von Erdwärmesonden können nachteilige Auswirkungen (chemisch, physikalisch) auf das Grundwasser und den Untergrund verbunden sein. Bei sachgerechter Prüfung der Standortverhältnisse (vgl. Kap. 3.1.1, Kap. 3.1.2, Kap. 3.1.6) und Einhaltung der in Kap. 5 und Kap. 6 beschriebenen Anforderungen kann dieses Risiko zwar minimiert, der Eintritt solcher nachteiligen Auswirkungen jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Generell sind bei der Zulassung von Erdwärmesonden im Wasserschutzgebiet die folgenden wasserwirtschaftlichen Überlegungen zu beachten:

Zulassungen zur Errichtung einer Erdwärmesonde können typischerweise in den Zonen I, II, und III/IIIA von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten nicht erteilt werden, weil unabhängig vom Betrieb bereits bei der Bohrung und beim Einbringen der Erdwärmesonde in den Untergrund nachteilige Auswirkungen auf das Grundwasser entstehen können, z.B. durch Schaffung hydraulischer Wegsamkeiten oder durch den Eintrag wassergefährdender Stoffe in das Grundwasser, die auch durch technische Maßnahmen nicht in jedem Fall zu verhindern sind. Der Betrieb von Erdwärmesondenanlagen kann neben einem möglichen Eintrag wassergefährdender Stoffe (s.u.) auch zu nachteiligen Auswirkungen in Folge von Temperaturveränderungen führen.

In der Wasserschutzzone III B ist aufgrund des größeren Abstands zu den Wasserentnahmestellen grundsätzlich von einem hinreichenden Schutz des Trinkwasser-/Heilwasservorkommens vor möglichen Gefährdungen durch Errichtung der Erdwärmesonde auszugehen. Wenn es sich bei dem zu schützenden Trinkwasser-/Heilwasservorkommen um ein tieferes Grundwasserstockwerk handelt, so darf die Bohrung in keinem Fall die darüber liegende stockwerkstrennende Schicht durchteufen oder gar das betreffende Grundwasserstockwerk erbohren. In solchen Fällen kann die Wasserbehörde Sicherheitsabstände zur Basis des Grundwassergeringleiters festlegen. Abweichend von Kap. 3.1.6 kann von diesen Anforderungen nicht im Einzelfall abgesehen werden.

Werden Erdwärmesondenanlagen innerhalb von Schutzgebieten zugelassen, kann nach Ermessen der Wasserbehörde ein größerer Mindestabstand zwischen Erdwärmeeinrichtungen gefordert werden, um nachteilige Auswirkungen durch eine Aufsummierung der Effekte (Temperaturfahnen; Eingriffe in die Schutzfunktion der Deckschichten) zu verhindern. Dies kann insbesondere in Gebieten mit hohem Siedlungsflächenanteil (hoher EWS-Dichte bzw. hohem Nutzungspotenzial) von Belang sein.

Innerhalb von Zonen I, II, und III/IIIA von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten kann der Einsatz wassergefährdender Stoffe (z.B. als Wärmeträger-/Kältemittel, Maschinenöl in Bohrgeräten, Spülzusatz, Korrosionsinhibitor, etc.) bei der Erstellung und beim Betrieb von Erdwärmesonden in der Regel nicht zugelassen werden, da bei der Bohrung oder durch Leckagen in den Entzugsrohren wassergefährdende Stoffe in das Grundwasser gelangen können.

Dieses Risiko kann auch durch die vorgeschriebenen technischen Anforderungen (vgl. Kap. 5 und 6) nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Auch dürfen Erdwärmesonden, die den Regelungen der AwSV unterfallen, also gewerbliche und öffentliche, nach § 49 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 AwSV im inneren Bereich von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten nicht errichtet oder umgebaut werden (§ 2 Abs. 32 AwSV, vgl. Kap. 6.1).

In zahlreichen Wasserschutzgebietsverordnungen (s. Kap. 4.1.1) ist der Einsatz wassergefährdender Stoffe ohnehin teilweise oder ganz verboten.

In der Zone IIIB ist die Verwendung wassergefährdender Stoffe in Erdwärmesonden - unabhängig davon, ob die Anlagen den Regelungen der AwSV unterliegen - nur dann genehmigungsfähig, wenn eine Beeinträchtigung des gewonnenen Grundwassers auch im Fall einer Leckage ausgeschlossen werden kann (bspw. aufgrund eines ausreichend großen Abstands zu den Wasserentnahmestellen). In diesen Fällen sollen dann im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis - auch bei privaten Anlagen - regelmäßige Prüfungen durch eine nach AwSV anerkannte sachverständige Stelle angeordnet werden. Insbesondere sollte in die Nebenbestimmungen aufgenommen werden, dass bei den regelmäßigen Prüfungen auf die Einhaltung der in Kap. 6.2.1 genannten technischen Maßnahmen (frühzeitige Leckageerkennung, automatisches Abschalten) zu achten ist; wurde eine Leckage festgestellt, ist eine Wiederinbetriebnahme nur nach erfolgreichem Nachweis der Dichtheit (Drucktest s. Kap. 5.1.3.4) möglich.

4.2.2 Erdwärmekollektoren

Mit der Errichtung und dem Betrieb von Erdwärmekollektoren können - abhängig von Einbautiefe, Bodeneigenschaften und Grundwasserstand - nachteilige Auswirkungen (chemisch, physikalisch) auf den Untergrund und das Grundwasser verbunden sein. Diese Risiken können zwar minimiert, jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden (vgl. Kap. 4.2.1). Daher sind in Wasserschutzgebieten folgende wasserwirtschaftlichen Überlegungen zu beachten:

In den Zonen I und II ist davon auszugehen, dass Erdwärmekollektoren nachteilig auf das Gewässer einwirken, da bereits durch die Baumaßnahmen oder durch den Betrieb der Anlagen Stoffe in das Grundwasser eingetragen werden können.

In den weiteren Schutzzonen (III/IIIA, IIIB) ist davon auszugehen, dass Erdwärmekollektoren sich nicht nachteilig auswirken, wenn die Anlage oberhalb der ersten grundwasserführenden Schicht errichtet wird (Abstand von > 1 m zum höchsten zu erwartendem Grundwasserstand; vgl. Kap. 3), und die nachfolgenden Anforderungen an das Verwenden wassergefährdender Stoffe erfüllt werden.

Da es sich um einwandige Systeme handelt, die direkt in das Erdreich eingebaut werden, können beim Betrieb von Erdwärmekollektoren durch Leckagen in den Entzugsrohren wassergefährdende Stoffe (Wärmeträgermedien, Öle und Additive) direkt in den Boden und ggf. in das Grundwasser gelangen. Dieses Risiko kann zwar durch die Einhaltung der technischen Anforderungen minimiert, aber nicht vollständig ausgeschlossen werden (vgl. Kap. 4.2.1). Es ist somit davon auszugehen, dass sich der Einsatz von wassergefährdenden Stoffen

fen beim Betrieb von Erdwärmekollektoren in der Zone I bis III/IIIA nachteilig auf das Gewässer auswirkt, da eine Beeinträchtigung des geförderten Grundwassers nicht auszuschließen ist. Erdwärmekollektoren, die den Regelungen der AwSV unterfallen, also gewerbliche und öffentliche, dürfen nach § 49 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 AwSV im inneren Bereich von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten nicht errichtet oder umgebaut werden (vgl. Kap. 4.2.1).

In der Zone IIIB ist der Einsatz wassergefährdender Stoffe in Erdwärmekollektoren vertretbar, wenn unter der Anlage eine flächenhafte, natürliche, bindige Dichtschicht von mindestens 2 m und einem Durchlässigkeitsbeiwert (DIN 18130, Teil 1) von $k_f < 10^{-6}$ m/s („schwach durchlässig“) oder eine flächenhafte natürliche, bindige Dichtschicht von mindestens 1 m und einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f < 10^{-8}$ m/s („sehr schwach durchlässig“) vorhanden ist. Als mindestens erforderlicher Abstand zur obersten grundwasserführenden Schicht gilt dann die oben genannte Grenze (1 m) plus die Mächtigkeit der Dichtschicht. Die abdichtenden Bodenschichten bieten einen zusätzlichen Schutz für das Grundwasser bei undichten Kollektorrohren („zweite Wand“). Die flächenhafte Verbreitung abdichtender natürlicher Schichten ist - falls diese nicht durch die Bodenkarte 1:50.000 (BK 50) eindeutig belegt ist - vor Baubeginn durch geeignete Untersuchungen (Sondierungen, Schürfe etc.) in einem Fachgutachten nachzuweisen.

Fehlende Dichtungsschichten können auch technisch eingebracht oder ergänzt werden, wobei nur natürliche mineralische Dichtmaterialien zu verwenden sind. Ersatzweise sind auch Bentonitmatten zulässig. Folien sind nicht zugelassen. Entsprechend geringe Durchlässigkeiten weisen größenordnungsmäßig sandiger Schluff – Schluff ($k_f < 10^{-6}$ m/s) oder schluffiger Ton – Ton ($k_f < 10^{-8}$ m/s) auf.

4.2.3 Grundwasserwärmepumpen

Es ist davon auszugehen, dass Grundwasserwärmepumpen in den Schutzzonen I und II mit nachteiligen Auswirkungen auf das Grundwasser verbunden sind. Durch die unmittelbare thermische Nutzung des Grundwassers durch Entnahme und Wiedereinleitung in den Untergrund ist neben der Gefahr einer stofflichen Verunreinigung auch eine bakteriologische Beeinträchtigung des Trinkwassers möglich.

Die Gefahr einer chemischen Beeinträchtigung des Grundwassers besteht auch für die weitere Zone III/IIIA von Wasserschutzgebieten, weil bei der Errichtung und Betrieb von Entnahme – und Schluckbrunnen für Grundwasserwärmepumpen nachteilige Stoffe über den künstlich geschaffenen Grundwasserkreislauf eingetragen oder mobilisiert werden können. Das Gefährdungspotential ist wesentlich vermindert, wenn folgende Bedingungen und technischen Anforderungen eingehalten werden:

- Die Anlage ist von der Entnahme bis zur Wiedereinleitung als geschlossenes System ausgeführt.
- Ein Kontakt zu Wärmetauscher und Korrosionsmitteln ist ausgeschlossen (ggf. muss hierfür ein zweiter Wärmetauscher zwischengeschaltet werden).
- Engmaschige Überwachung der Anlage (Dichtheit, Kreislauf) mit kurzen Intervallen der Grundwasserbeprobung.

In der Zone IIIB können Grundwasserwärmepumpen aufgrund der großen Entfernung zur Fassungsanlage i.d.R. errichtet und betrieben werden, sofern dies im obersten Grundwasserstockwerk erfolgt. Zu beachten ist jedoch, dass die Einleitung von Grundwasser aufgrund der Schutzgebietsverordnung (vgl. Kap. 4.1.1.) verboten sein kann.

5 Anforderungen an die Errichtung von Erdwärmeanlagen (Erdarbeiten, Bohrung, Anlageneinbau)

Mit der Nutzung der Erdwärme sind aufgrund der notwendigen Bohrungen und sonstigen Erdaufschlüsse Gefahren für das Grundwasser verbunden. Darüber hinaus müssen die Anlagen gegen die zu erwartenden Beanspruchungen widerstandsfähig und dicht sein (s. auch Kap. 6.2).

Erdwärmeanlagen mit Techniken, die nicht standardmäßig verwendet werden (insb. bei Großanlagen, Tiefbohrungen) bzw. mit innovativen Techniken, sind als Sonderfälle zu behandeln und bedürfen gesonderter (i.d.R. weitergehender) Regelungen. Unabhängig von den hier beschriebenen Anforderungen sind die aufgrund von Wasserschutzgebietsverordnungen bestehenden behördlichen Bestimmungen (vgl. Kap. 4) und anderweitigen rechtlichen Vorgaben zu berücksichtigen.

Detaillierte Technische Hinweise zum Bau von Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie enthalten die Empfehlungen des Arbeitskreises Geothermie der Fachsektion Hydrogeologie (FH-DGGV) und Fachsektion Ingenieurgeologie (FI-DGGT/DGG) (DGGT/DGG 2015). Als Zusammenstellung des Stands der Technik im Bereich oberflächennaher Geothermie für Deutschland wird derzeit die VDI-Richtlinie 4640 (Blätter 1-4) angesehen.

Für die Bohrung bzw. die Erdarbeiten mit und ohne unmittelbare Grundwassereinwirkung gelten die jeweiligen Ausführungen in den rechtlichen Grundlagen (s. Kap. 2.1.1, Kap. 2.1.2.1 und Kap. 2.1.2.2). Werden geothermische Anlagenteile - und damit Stoffe - in den Boden mit und ohne Grundwasserberührung eingebracht, gelten die ebenfalls in den rechtlichen Grundlagen beschriebenen Grundsätze (s. Kap. 2.1.1, Kap. 2.1.2.1 und Kap. 2.1.2.2).

5.1 Anforderungen an die Errichtung von Erdwärmesonden

Auswirkungen von Erdwärmesondenanlagen auf das Grundwasser wurden in der Vergangenheit insbesondere als Folge von Frostschäden und/oder aufgrund unzureichender Bohrlochabdichtungen festgestellt (BLA GEO, 2011). In Kap. 3.1.4 finden sich entsprechende Anforderungen zur Vermeidung von Frostschäden, in Kap. 5.1.3 werden die erforderlichen Standards im Hinblick auf die zu verwendenden Verpressmaterialien, den Verpressvorgang und dessen Kontrolle, und schließlich (Kap. 5.1.1.1 und Kap. 6.2.1) an die Qualifikation des ausführenden Personals zur Gewährleistung einer zuverlässigen Bohrlochabdichtung und zur Früherkennung möglicher Schäden und Leckagen beschrieben.

5.1.1 Anforderungen an die Ausführung

5.1.1.1 Qualifikation der ausführenden Unternehmen

Die Erfüllung der wasserwirtschaftlichen Anforderungen kann nur gewährleistet werden, wenn die notwendigen Arbeiten von fachkundigen Betrieben und fachkundigem Personal durchgeführt werden. Fachkundig für die Errichtung von Erdwärmesonden sind Unternehmen, die über ein Zertifikat einer akkreditierten Zertifizierungsstelle nach dem DVGW Arbeitsblatt W 120-1 bzw. -2 mit dem für das jeweilige Projekt notwendigen Zertifizierungsumfang oder über ein mindestens gleichwertiges Zertifikat verfügen und danach arbeiten.

Das eingesetzte Personal ist fachkundig, wenn die Anforderungen nach Kap. 6 des DVGW – Arbeitsblattes W 120 – 2 erfüllt werden. Auf der Baustelle muss mindestens eine Person (Bohreräteführer) die folgenden oder mindestens eine gleichwertige Anforderungen erfüllen:

- Brunnenbauer bzw. Spezialtiefbaufacharbeiter Fachrichtung Brunnenbau mit Erfahrung im Bereich Geothermie (Nachweis über u.g. Zusatzqualifikationen oder gleichwertige Referenzen zur Erfahrung)
oder
- Spezialtiefbaufacharbeiter Fachrichtung Spezialtiefbohrtechnik mit Erfahrung im Bereich Geothermie (Nachweis über u.g. Zusatzqualifikationen oder gleichwertige Referenzen zur Erfahrung)
oder
- Facharbeiter für geologische Bohrungen mit Erfahrung im Bereich Geothermie (Nachweis über u.g. Zusatzqualifikationen oder gleichwertige Referenzen zur Erfahrung)
oder
- Fachkraft, die einen nach Berufsbildungsgesetz anerkannten Beruf erlernt hat und eine der folgenden oder eine mindestens vergleichbare Zusatzqualifikationen erworben hat:
 - Fachkraft für geothermische Zwecke und Einbau von geschlossenen Wärmeträgersystemen
 - Werkpolier Geothermie
 - Vorarbeiter Geothermie

Die Bohrung ist von dieser qualifizierten Person durchzuführen; diese muss sich auf der Baustelle entsprechend ausweisen können. In Gebieten mit geologisch und/oder bergbaulich bedingten Risiken (vgl. Kap. 3.1.2) sollen die Betriebe zur Beherrschung von Bohrrisiken ein entsprechendes Sicherheitsmanagement vorweisen (u.a. rasche Bereitstellung von zusätzlichem Equipment im Bedarfsfall, Kontaktdaten für eine externe Beratung zu ggf. erforderlichen Sofortmaßnahmen etc.).

Der Einbau der Wärmepumpe, deren Anschluss an die Erdwärmesonden sowie die Wartung der Erdwärmeanlage sind von einem qualifizierten Fachbetrieb (Zulassung als Installateur und Heizungsbauer oder Kälteanlagenbauer)⁵ durchzuführen.

⁵ Der Fachbetrieb muss für das zulassungspflichtige Handwerk in der Handwerksrolle eingetragen sein

5.1.1.2 Bohrarbeiten

Der nach den Vorgaben in Kap. 5.1.1.1 entsprechend qualifizierte Unternehmer hat das an die Geologie des Standorts angepasste Bohrverfahren nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik auszuwählen (DVGW W 120) und bestimmt den Bohrablauf sowie das eingesetzte Bohrgerät (DIN 18301, DIN 18302, DVGW-Regelwerk, insbesondere DVGW W 120-1/-2, W115, W116). Die gewählte Technik ist mit dem Antrag (Anlage 1) der Wasserbehörde im Voraus bekanntzugeben. Wichtig ist, dass der Bohrgeräteführer über ausreichend Erfahrung verfügt und in der Lage ist, auch unvorhergesehene Situationen sachgerecht zu beherrschen (vgl. Kap. 5.1.1.1).

Der Bohrl Lochdurchmesser ist in Abhängigkeit des anstehenden Gesteins so zu wählen, dass um das Sondenbündel (mehrere – i. d. R. vier – parallele Sondenrohre zzgl. Verpressrohr) ein freier allseitiger Ringraum von ca. 30 mm verbleibt. Grundsätzlich muss gewährleistet sein, dass das Sondenbündel mit dem erforderlichen Abdichtungs- und Überwachungsequipment problemlos bis an die Bohrl Lochsohle eingebracht und der verbleibende Ringraum vollständig abgedichtet werden kann. Wird der bei Erdwärm Bohrungen vielfach verwendete Bohrendurchmesser von 152 mm sowie ein Sondenbündel von 96 mm verwendet, so verbleibt ein Ringraum von 28 mm. Diese geringfügige Abweichung von der oben genannten Mindestgröße liegt im tolerierbaren Bereich.

Geringere Ringraummächtigkeiten können nur dann genehmigt werden, wenn dies zu einer erhöhten Sicherheit beiträgt und nachgewiesen bzw. durch entsprechende Maßnahmen sichergestellt wird, dass

- die Sonden beim Einbau nicht beschädigt werden
- eine vollständige und dauerhafte Abdichtung des Bohrlochs und
- eine dichte Anbindung der Sonde an das Umgebungsgestein erfolgt;
- das Umgebungsgestein gegenüber den Temperaturen im Kontaktbereich stabil ist.

An Standorten mit potenziell vorhandenen Bohrrisiken (bspw. Artesern) sind (sofern die Bohrung genehmigungsfähig ist) entsprechende gerätetechnische Vorkehrungen zu treffen.

Zur Dokumentation der Bohrung und nachträglichen Überprüfung der getroffenen Annahmen zur Anlagenplanung (prognostisches Bohrprofil, vgl. Kap. 3.1.1) ist eine ordnungsgemäße Probenentnahme durchzuführen. Mindestens müssen dabei alle 2 m sowie bei Schichtwechseln je eine Probe entnommen werden. Die angetroffene Schichtenfolge ist als geologische Aufnahme zu dokumentieren (Schichtenverzeichnis gemäß DIN EN ISO 14688-1, DIN EN ISO 14688-2 und DIN EN ISO 14689-1). Die angetroffenen Besonderheiten wie z.B. Grundwasserleiter, Hohlräume und Klüfigkeit sind darin zu verzeichnen. Eventuelle Spülungsverluste und Abweichungen beim anfallenden Bohrgut (Mehr- oder Mindermengen) sind zu protokollieren. Nach Abschluss der Arbeiten ist der Wasserbehörde für jede einzelne Bohrung ein Schichtenverzeichnis mit einer Bohrprofilzeichnung nach DIN 4023 vorzulegen (vgl. Kap. 5.1.4). Die Bohrgutproben sind für eine ggf. erfolgende Aufnahme durch den Geologischen Dienst NRW auf Anfrage bereit zu stellen (siehe Lagerstättengesetz § 5, Abs. 2).

Das anfallende Bohrgut und die Bohrspülung sind fachgerecht zu entsorgen. Im Voraus sind dazu ausreichend dimensionierte Auffangbehälter vorzuhalten. Bei unvorhergesehenen Ereignissen (z.B. Antreffen artesisch gespannten Grundwassers) müssen unverzüglich Maß-

nahmen ergriffen werden, um Gewässerverunreinigungen und sonstige Umweltbelastungen zu vermeiden. Die Ableitung des Bohrspülwassers in ein Oberflächengewässer ist eine Benutzung nach § 9 Absatz 1 Nr. 4 WHG und bedarf der Zulassung. Die Ableitung in einen Abwasserkanal bedarf nach kommunalem Satzungsrecht in der Regel der Genehmigung.

5.1.1.3 Spülungszusätze

Beim Abteufen der Bohrung und zur Bohrlochstabilisierung dürfen nur Spülungszusätze verwendet werden, die keine schädlichen chemischen oder mikrobiologischen Veränderungen im Untergrund bewirken. Gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 116 ist deren wasserhygienische Unbedenklichkeit durch ein Testat eines akkreditierten Instituts nachzuweisen.

Im Übrigen sind beim Einsatz von wassergefährdenden Stoffen die in Kap. 6 beschriebenen Anforderungen zu beachten.

5.1.2 Anforderungen an das Material von Erdwärmesonden und die Verarbeitung

5.1.2.1 Grundsätzliche Anforderungen

Das Material, das für Erdwärmesonden verwendet werden soll, muss aus wasserwirtschaftlicher Sicht folgende Eigenschaften besitzen:

- lange Lebensdauer (mind. 50 a)
- beständig gegen Korrosion
- optimaler Schutz für Boden und Grundwasser
- temperaturbeständig (das Material muss für den vorgesehenen Temperaturbereich geprüft und zugelassen sein).

Generell muss das Material zumindest den Anforderungen gemäß VDI – Richtlinie 4640, Blatt 1 Abschnitt 8.1 entsprechen. Werkstoffe nach DIN 8074 und 8075 (PE 100, SDR 11) entsprechen den üblichen Mindest-Anforderungen. Für spezielle Anforderungen hinsichtlich Temperatur-/ Rissbeständigkeit oder bei erforderlicher Beständigkeit gegenüber Säuren, Laugen, Salzen oder Gasdiffusion müssen hierfür geeignete Materialien ausgewählt und verwendet werden. Für Erdwärmesonden, die auch zur Gebäudekühlung eingesetzt werden (Wärmeeinleitung, vgl. Kap. 7.2), sind entsprechend kälte- und hitzestabile Materialien zu verwenden, die für die jeweiligen Temperaturbereiche geprüft und zugelassen sind.

5.1.2.2 Produktanforderungen

Folgende Produktanforderungen sind zu stellen:

- Für Erdwärmesonden sind mindestens Rohre PE 100, SDR 11 zu verwenden
- Die Rohre sind insbesondere während des Einbaus vor Beschädigungen zu schützen, da Beschädigungen von 10 % der Wanddicke bei den Rohren der Qualität PE 100 SDR bereits zu einem Versagen der Rohre führen kann.
- Bei der Verwendung wassergefährdender Stoffe als Wärmeträgermittel sind PE-HD-Werkstoffe mit nachweislich höherer Spannungsrissbeständigkeit und Punktlastbeständigkeit (z.B. PE 100-RC) zu verwenden.
- Die Eignung der Werkstoffe muss vom Hersteller für die Verwendung als Erdwärmesonde vorgesehen und entsprechend gekennzeichnet sein. Die Qualität der Sonde muss mit einem Werkszeugnis nach DIN / EN 10204 2.2 nachgewiesen werden. Das Werkszeugnis zur Qualität der Sonde muss die Druckprobe sowie den Durchflusstest gemäß VDI 4640 bestätigen.
- Zusätzlich zur werksseitigen Qualitätssicherung der Einzelkomponenten muss das komplette Erdwärmesondensystem (Rohr, Sondenfuß und Verschweißung beider Komponenten) einer Fremdüberwachung gemäß der Richtlinie HR 3.26 z.B. durch das Süddeutsche Kunststoffzentrum (SKZ) oder andere für diese Richtlinie akkreditierte Einrichtungen unterliegen. Die Fremdüberwachung bietet Gewähr dafür, dass sämtliche Bauteile und Verbindungen den aktuell geltenden Normen und Richtlinien entsprechen und aufeinander abgestimmt sind. In Fällen, in denen Hersteller eine Fremdüberwachung ihrer Produkte nach abweichenden Richtlinien wünschen, muss eine nach HR 3.26 überwachende Einrichtung die Gleichwertigkeit der abweichenden Fremdüberwachung auf Veranlassung des Herstellers bescheinigen.
- Es ist zu gewährleisten, dass die vom Hersteller angegebenen max. zulässigen Temperaturen für das Sondenrohr während der gesamten Betriebszeit und auch im Spitzenlastfall nicht überschritten werden.
- Der Sondenfuß und seine Anschlüsse an die Sondenrohre sind werksseitig herzustellen. Für die dabei angewendeten Schweißverfahren sind die Richtlinien des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik verbindlich zu beachten (DVS Richtlinie 2207 und 2208). Der fertig gestellte Sondenfuß einschließlich seiner Verbindungen ist einer Druck- und Durchflussprüfung unter Beachtung von DIN 4279-7 zu unterziehen.
- Ist das Anliefern einer werkseitige hergestellten Erdwärmesonde aufgrund eines großen Rohrdurchmessers nicht möglich (bspw. bei Koaxialsonden > 90 mm Außendurchmesser), so kann die Verbindung der einzelnen Komponenten durch Schweißung auf der Baustelle erfolgen, sofern die für das angewendete Schweißverfahren geltenden technischen Regeln (DVS Richtlinie 2207 und 2208) eingehalten werden. Das ausführende Fachpersonal muss im Besitz einer für das angewendete Verfahren gültigen Prüfbescheinigung sein. Die hergestellten Verbindungen sind entsprechend der materialspezifischen Druckanforderungen zu prüfen; die Dokumentation der Druck- und Durchflussprüfung ist nach Abschluss der Arbeiten der Wasserbehörde vorzulegen.

5.1.3 Anforderungen an Sondeneinbau, Leitungsverlegung, Verpressmaterial und an die Verarbeitung

5.1.3.1 Anforderungen an den Einbau der Sonden in die Bohrung

Der sachgemäße Einbau der Erdsonden in die jeweiligen Bohrlöcher und die anschließende sorgfältige Verpressung des Bohrlochringraums sind eine der wesentlichen Voraussetzungen für einen einwandfreien- und grundwasserschutzorientierten Anlagenbetrieb. Für den Einbau der Erdwärmesonden gelten die Inhalte der VDI Richtlinie 4640, Blatt 2. Darüber hinaus sind folgende Bestimmungen einzuhalten:

- Die Erdwärmesondenrohre sind einschließlich des Sondenfußes werkseitig vorgefertigt und in einem Stück in der für die jeweilige Bohrung vorgesehenen Länge sicher verpackt anzuliefern.
- Der Sondeneinbau darf ausschließlich durch fachkundige Unternehmen (vgl. Kap. 5.1.1.1) erfolgen.
- An den zu wählenden Bohrlochdurchmesser sind die unter Kap. 5.1.1.2 angegebenen Mindestgrößen für den allseitig freien Ringraum für den schadlosen Einbau der Sonde und für die allseitige Abdichtung des Bohrloches zu beachten.
- Um ein gleichmäßiges Einbringen der Erdwärmesonde zu gewährleisten, ist diese ggf. (in Abhängigkeit vom Wasserstand im Bohrloch) vor dem Einsetzen mit Wasser zu füllen und/oder mit einem geeigneten Gewicht zu versehen. Mit dem Gestänge darf kein absichtlicher Druck auf die Sonde ausgeübt werden.
- Der Einbau darf grundsätzlich nur von einer über dem Bohrloch zentriert hängenden Haspel erfolgen, um eine gleichmäßige Einführung der Sondenrohre ins Bohrloch zu gewährleisten und ein Verdrillen der Sonde im Bohrloch zu verhindern. Handlungen, die zu einer Beschädigung der Sonde vor dem Einbau führen können, sind auszuschließen.
- Bei Sonden, die aufgrund ihres Durchmessers nicht am Stück angeliefert werden können, sind beim Schweißen die in Kap. 5.1.2 beschriebenen Anforderungen einzuhalten.
- Die Sonde ist so einzubauen, dass sie bei der nachfolgenden Verpressung vollständig umhüllt wird.
- Ausgebaute Erdwärmesonden dürfen nicht mehr verwendet werden.
- Nach dem Einbau der Sonde in das Bohrloch, allerdings noch vor der Verpressung des Ringraums, ist die Sonde einer Druck- und Durchflussprüfung zu unterziehen, um zu überprüfen und festzustellen, dass die Sonde während des Einbaus nicht beschädigt wurde. Hierbei sind die Vorgaben der VDI 4640 Blatt 2 zu berücksichtigen. Der Druck am Sondenfuß darf hierbei keinesfalls den Nenndruck der Sonde übersteigen. Die Ergebnisse der Prüfung sind zu dokumentieren. In Einzelfällen, in denen die Bohrlochstabilität gefährdet ist, muss ggf. die Verpressung ohne Unterbrechung unmittelbar nach dem Einbau der Sonde erfolgen, so dass die o.g. Prüfung nicht durchgeführt werden kann. In diesen Fällen sind in der Dokumentation entsprechende Gründe für den Verzicht der Druck- und Durchflussprüfung anzugeben.

5.1.3.2 Anforderungen an das Verpressmaterial

Neben den Vorgaben der VDI 4640 Blatt 2 sowie den Anforderungen nach DVGW W120-2 gilt weiterhin, dass der Ringraum der Erdwärmesonde vollständig und hohlraumfrei mit einem für Tiefenbohrungen geeigneten Verpressmaterial von der Sohle bis zur Geländeoberkante im Kontraktorverfahren zu verpressen ist. Ausnahmen sind ggf. in Karst- und Kluftsystemen erforderlich, soweit eine Verpressung dort nicht möglich oder mit Risiken verbunden ist.

Als Verpressmaterial kommen grundwasserunschädliche und nach Abbindung dauerhaft wasserdichte und hinsichtlich der physikalischen, (hydro-) chemischen und hydraulischen Eigenschaften nach der Abbindung dauerhaft beständige und volumenbeständige Suspensionen (z.B. Zement-Bentonit-Suspension) infrage. Grundsätzlich muss das verwendete Verpressmaterial die in der VDI 4640 Blatt 2 beschriebenen Anforderungen an Verfüllbaustoffe erfüllen. Die Suspension muss auch zur Verpressung stark gespannter oder artesischer Druckverhältnisse sowie bei Gasaufstiegen geeignet sein, wenn das Antreffen solcher Bedingungen nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

Die wasserhygienische Unbedenklichkeit muss über ein Hygienezeugnis eines akkreditierten Instituts nachgewiesen werden, indem alle umweltrelevanten Parameter anhand einer Feststoff- und Eluatanalyse geprüft und entsprechend eingestuft sind. Zur Reduzierung des thermischen Bohrlochwiderstandes sollte möglichst ein Verpressmaterial mit einer Wärmeleitfähigkeit von mindestens 2 W/mK gewählt werden. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Standfestigkeit, Abdichtung und Anbindung für die einzelnen Erdschichten muss das ausgehärtete Verpressmaterial nachweislich folgende Eigenschaften besitzen:

- Druckfestigkeit: nach Aushärtung nachweislich
> 1 N/mm²
- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert: < 1 * 10⁻⁹ m/s

Die Angabe der entsprechenden Kennwerte sowie der Inhaltsstoffe erfolgt über das Sicherheitsdatenblatt bzw. das technische Merkblatt der Hersteller. Folgende Kennwerte müssen dort angegeben und in der fertigen Mischung (s. Verpressvorgang) eingehalten werden:

- Wasser/Feststoff-Verhältnis: W/Z-Wert
- Mindestdichte der Suspension: > 1300 kg/m³
- Trichterauslaufzeit nach DIN 4126: möglichst zwischen 50 – 100 s
- Wasserabsetzmaß: möglichst < 2 %
- Hydratationswärmeentwicklung: < 50 ° C bei adiabatischen Bedingungen

Zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Qualität des Verpressmaterials sind ausschließlich Fertigmischungen mit den vorgenannten Eigenschaften zu verwenden, die vom Hersteller für den Einsatz zur Verpressung von Erdwärmesonden geprüft und ausgewiesen sind.

Unter besonderen Voraussetzungen können im begründeten Einzelfall, z.B. zur Vermeidung von Risiken bei gasführendem oder betonaggressivem Grundwasser (sofern dort Erdwärmesonden zulässig sind), andere Materialien zugelassen bzw. im Rahmen von Nebenbestimmungen angeordnet werden. Beispielsweise kommen in Gebieten mit gasführenden Schichten, sofern die verbleibenden Bohrrisiken vertretbar sind, bestimmte, zur Bohrlochabdichtung von Erdwärmesonden geeignete Tonpellets (Dichtungston) in Betracht. Grundsätzlich ist bei

der Verwendung anderer Materialien beim Verpressvorgang der jeweilige Stand der Technik anzuwenden (hohlraumfreie Verpressung von unten nach oben). In den hier angesprochenen Ausnahmefällen muss ggf. durch die Wasserbehörde eine Kontrolle auf der Baustelle durchgeführt oder eine externe Begleitung der Baumaßnahmen angeordnet werden.

Falls bei der Bohrung stockwerkstrennende Schichten durchteuft wurden, muss die erfolgreiche Abdichtung des Ringraums dokumentiert werden und dauerhaft nachweisbar sein (vgl. Kap. 3.1.6). In diesem Fall ist über geeignete (geo-)physikalische Messungen die vollständige, hohlraumfreie Verpressung der Bohrung nachzuweisen. Dieser Nachweis hat nach der vollständigen Aushärtung der Verpressung zu erfolgen und muss auch zukünftig möglich, d.h. reproduzierbar sein. In diesem Zusammenhang ist sicherzustellen, dass die Sondenrohren einen Mindestinnendurchmesser von 25 mm besitzen und keine Überbauung der Sonden mit tragenden Gebäudeteilen erfolgt. Eine für den oben genannten Nachweis geeignete Methode ist beispielsweise die Messung der magnetischen Suszeptibilität in Verbindung mit der Verwendung dotierter Verfüllstoffe als Verpressmaterial.

5.1.3.3 Anforderungen an den Verpressvorgang

Die Herstellervorgaben gemäß dem Sicherheitsdatenblatt bzw. technischen Merkblatt des Produktherstellers sind während des gesamten Verpressvorganges exakt einzuhalten. Die Menge und Dichte des Verpressmaterials sind fortwährend zu überprüfen und in regelmäßigen Abständen zu dokumentieren (s. u.). Es sollten in regelmäßigen Abständen Rückstellproben entnommen werden.

Der Verpressvorgang ist so lange fortzuführen, bis die Dichte der aus dem Bohrloch austretenden Suspension der eingepressten Suspension entspricht. Für jede Sonde / Bohrung sind das verwendete Verpressmaterial, der Mischungsvorgang auf der Baustelle sowie die Füllmenge und Dichte (Soll- und Ist-Mengenvergleich) zu dokumentieren. Übersteigt der Bedarf an Verpressmaterial das Zweifache des Ringraumvolumens, ist umgehend die Wasserbehörde zu informieren.

Nach 24 Stunden ist zu prüfen, ob es zu einer Setzung der Verpresssuspension gekommen ist. Wird eine deutliche Setzung festgestellt ($> 2,5$ m ab Geländeoberfläche), ist eine Nachverpressung erforderlich, die ebenfalls im Kontraktorverfahren durchzuführen ist. Dies ist zu dokumentieren.

Zusammen mit der Dokumentation der Bohrung gemäß Kap. 5.1.1.2 ist für jede Bohrung ein Protokoll des Verpressvorganges anzufertigen. Dieses dokumentiert das verwendete Verpressmaterial, den Mischungsvorgang auf der Baustelle, die Füllmenge und Dichte während des Verpressvorgangs (alle 10 – 15 min), die insgesamt verbrauchte Menge mit entsprechendem Soll-/Ist-Vergleich, ggf. erforderliche Nach-Verpressung / beobachtete Setzungen sowie sonstige Untersuchungsergebnisse / Besonderheiten. Das Verpressprotokoll ist nach Abschluss der Arbeiten an die Wasserbehörde zu übergeben (vgl. Kap. 5.1.4).

Zur kontinuierlichen Kontrolle der Suspensionseigenschaften und Mengenverbräuche bzw. Füllstände und zur automatisierten Aufzeichnung des Verpressvorgangs werden derzeit verschiedene Verfahren entwickelt und erprobt. Falls für solche Verfahren zukünftig der Nach-

weis der praktischen Anwendbarkeit, zuverlässigen und zulässigen Eignung (gemäß Eichgesetz EichG) vorliegt und sie sich entsprechend in der Praxis bewährt und auf dem Markt etabliert haben, sind sie künftig nach dem Stand der Technik für die Kontrolle und Dokumentation des Verpressverfahrens anzuwenden.

5.1.3.4 Druckprüfung der eingebauten Erdwärmesonde

Nach Fertigstellung des Einbaus ist die mit Wasser gefüllte Erdwärmesonde einer Funktionsendprüfung entsprechend VDI 4640 Blatt 2 zu unterziehen. Dies ist durch ein Protokoll zu dokumentieren.

Bei der Durchführung der Druckprüfung muss die Konsistenz des eingebrachten Baustoffes entweder

- noch unterhalb der Stichfestigkeit, also noch innerhalb der Frischsuspensionsphase liegen, oder
- der Baustoff sollte ausreichend fest sein, um dem aufgebrauchten Druck zu widerstehen. Die Druckfestigkeit des Verpressmaterials sollte daher um den Faktor 1,5 höher als der an die Erdwärmesonde angelegte Prüfdruck sein und mindestens 1 N/mm² betragen (vgl. Anforderung an das ausgehärtete Verpressmaterial).

Nach welcher Zeitdauer bei Bodentemperatur (10°C) eine Festigkeit von 1 N/mm² erreicht wird, richtet sich nach den Angaben des Herstellers. Liegen keine Angaben vor, ist eine Abbindezeit zur Erreichung der Festigkeit von 1 N/mm² von 28 Tagen einzukalkulieren. Der bei der Prüfung angebrachte Druck darf keinesfalls den Nenndruck der Sonde übersteigen. Hierbei ist auch der Differenzdruck von außen nach innen zu berücksichtigen, d. h. der in Abhängigkeit vom Erdwärmesondenmaterial, der Sondentiefe und der Dichte der Hinterfüllung am Sondenfuß bereits vor der Druckprüfung anstehende Druck (vgl. Anhang 3). Dabei gilt: Prüfdruck + Differenzdruck < Nenndruck des Erdwärmesondensystems.

Die Überprüfung der Dichtigkeit der eingebauten Sonde kann auch im Rahmen der Druckprobe der fertiggestellten Erdwärmesondenanlage (Gesamtsystem) erfolgen. In diesem Fall ist die Druckprüfung der eingebauten Erdwärmesonden separat von der Druckprüfung der gesamten Erdwärmeanlage (Gesamtsystem Erdwärmesonden – Wärmepumpe) durchzuführen.

5.1.3.5 Anschluss der Erdwärmesonden an die Wärmepumpe

Die Anbindung der Erdwärmesonden an die Wärmepumpe muss nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfolgen. Neben der VDI 4640 sind DIN 4124 und DIN 54841-3 zu beachten. Alle Anschlussleitungen sind so zu verlegen, dass keine Beschädigungen zu besorgen sind und Frostschäden vermieden werden. Ist ein Einbau unter Frosttiefe nicht möglich, sind Vor- und Rücklaufleitungen durch geeignete Maßnahmen bzw. Materialien vor Frostschäden zu schützen.

Weiterhin sind die Leitungstrassen mit bodenschutzrechtlich zulässigem Material so zu verfüllen, dass die Anbindungsleitungen nicht beschädigt werden (bspw. durch scharfkantige Gesteinsbrocken). Dazu sind die Anbindungsleitungen im Sandbett zu verlegen. Im Ausnahmefall ist das Verfüllen der Leitungstrassen mit am Standort vorhandenem Boden-/Gesteinsmaterial zulässig, falls die oben genannten Anforderungen eingehalten werden. In Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften und geologischen Verhältnissen kann die Wasserbehörde entsprechende Nebenbestimmungen festlegen.

Beim Verlegen ist darauf zu achten, dass keine unerwünschten Hochpunkte entstehen, die nur schwer zu entlüften sind und dadurch zu Leistungsminderungen führen können. Anschlussleitungen von Erdwärmesonden zu Verteilern sollen nicht zu nahe aneinander liegen, um gegenseitige mechanische und thermische Beeinflussungen zu reduzieren und frostbedingte Hebungen und Setzungen im Trassenbereich zu vermeiden. Zu Ver- und Entsorgungsleitungen (z. B. Trinkwasserleitungen, Abwasserkanälen, Fernwärmeleitungen) ist gemäß VDI 4640 ein Mindestabstand von 0,7 m einzuhalten. Beim Verlegen der Leitungen und bei den Anschlüssen sind die Mindestbiegeradien nach Angaben des Leitungsherstellers zu beachten, die u. a. vom Rohraußendurchmesser abhängen.

Alle nicht werkseitig herzustellenden Rohrverbindungen im Erdreich (z. B. Übergangsstücke oder Durchlässe an eine Verteilereinrichtung) - müssen entweder als Schweißverbindungen nach den DVS-Richtlinien ausgeführt oder kontrollierbar – in einem dichten Kontroll-/Verteilerschacht – angeordnet werden.

Die Erdwärmesondenrohre sind in getrennt geschalteten Kreisen über einen Verteiler anzuschließen, um eine gleichmäßige Durchströmung oder im Leckagefall ein Absperren einzelner Sonden sicherstellen zu können. Abweichend davon kann die Wasserbehörde eine Reihenschaltung mehrerer Sonden im Ausnahmefall für maximal vier Sonden zulassen, wenn sichergestellt wird, dass eine gleichmäßige Durchströmung und somit eine homogene Temperaturverteilung gewährleistet ist. Der Verteilerschacht muss ortsfest, wasserdicht und in frostfreier Tiefe oder frostgeschützt errichtet werden. Darüber hinaus darf der Verteilerschacht nicht überbaut werden und muss zu jeder Zeit zugänglich und einsehbar sein.

Davon abweichende Einbauweisen für die Anbindungsleitungen und Anordnung der Verteiler müssen den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Die genannten Anforderungen zur Anlagensicherheit und zum Schutz der Umwelt müssen nachweislich eingehalten werden.

5.1.3.6 Füllen und Entlüften

Die Befüllung der Erdwärmesondenanlage darf nur mit reinem Wasser bzw. dem fertig angemischten Wärmeträgermedium gemäß wasserrechtlicher Erlaubnis unter Einhaltung der Zusammensetzung gemäß Produkt-Sicherheitsdatenblatt und Herstellerangaben vorgenommen werden. Abweichungen gegenüber dem wasserrechtlich zulässigen Wärmeträgermittel (z.B. Abweichungen hinsichtlich des Gehalts der Frostschutzmittel, Additive) sind unzulässig.

Beim Entlüften der Erdwärmesonden austretendes Wärmeträgermedium ist in einem Gefäß aufzufangen und ordnungsgemäß zu entsorgen.

5.1.4 Abschlussdokumentation und Inbetriebnahme

Nach Beendigung der Arbeiten sind der Wasserbehörde unverzüglich, spätestens jedoch vor Inbetriebnahme der Erdwärmesondenanlage, mindestens nachfolgend aufgeführte Unterlagen vorzulegen:

- Lageplan mit Einmessung der einzelnen Sonden in Bezug auf die Grundstücksgrenzen und Gebäude auf einem Auszug auf der Katasterkarte.
- Lagekoordinaten und Geländeansatzpunkt der Bohransatzpunkte, Bohrzeit (Datum, Uhrzeit) und Ausbauplan der einzelnen Bohrungen.
- Schichtenverzeichnis gemäß EN ISO 14688-1, EN ISO 14688-2 und EN ISO 14689-1 mit zugehöriger Bohrprofilzeichnung nach DIN 4023 (vgl. Kap. 5.1.1.2)
- Dokumentation des Verpressvorgangs für jede Bohrung gemäß Kap. 5.1.3.3)
- Nachweis Dichtheit der einzelnen Erdwärmesonden nach dem Einführen in das Bohrloch (Protokolle sämtlicher durchgeführter Druckprüfungen der Sonden während und nach Abschluss des Einbaus)
- Nachweis Dichtheit der gesamten Anlage nach Einbau (Protokoll der Druckprüfung)
- Eingesetzte Materialien (Sonde, Wärmeträger, Verpressung, Maschinenöle), und Mengen soweit nicht bereits im Antrag aufgeführt oder falls davon abweichend.

Die Inbetriebnahme der Erdwärmeanlage hat nach den Vorschriften des Herstellers zu erfolgen. Die ordnungsgemäße Durchführung der Inbetriebnahme ist durch einen qualifizierten Fachbetrieb (Installateur und Heizungsbauer oder Kälteanlagenbauer entsprechend Kap. 5.1.1.1) zu bescheinigen.

Für alle gemäß § 127 BBergG bei der Bergbehörde NRW angezeigten Bohrungen (Tiefe > 100 m) ist nach Abschluss der Bohrtätigkeit ebenfalls dort auch die Fertigstellungsdokumentation (mindestens mit Schichtenverzeichnis, Bohrlocheinbauten und Verfüllung, Bohrzeit) vorzulegen.

5.2 Anforderungen an die Errichtung Erdwärmekollektoren und anderen flachgründigen Techniken sowie von Direktverdampfern

Zum Schutz des Grundwassers vor physikalischen, chemischen oder biologischen Veränderungen sind bei der Errichtung von Erdwärmekollektoren (inklusive andere flachgründige Erdwärmesysteme, vgl. Kap. 1.2) sind generell die in Kap. 2 und Kap. 3.2 formulierten Vorsorgegrundsätze, Prüfkriterien und Standortbedingungen und die in Kap. 6.1 und Kap. 6.2 formulierten Mindestanforderungen für die Verwendung wassergefährdender Stoffe einzuhalten.

Die dargestellten Ausführungen und Anforderungen betreffen alle erdberührten Bauteile, die horizontal oder vertikal Energie entnehmen oder abgeben. Zur Regeneration des Untergrunds können auch Sonnenkollektoren in das System mit eingebunden werden. In diesem Fall sind die zusätzlichen Anforderungen und Hinweise für das Heizen und Kühlen zu beachten, die sich insbesondere auf die Materialien, aber auch auf die geeignete Standortwahl und Einbauweise beziehen (vgl. Kap. 7).

Werden entsprechende Anlagen im Grundwasser bzw. in einem Abstand von < 1 m vom höchsten Grundwasserstand (vgl. Kap. 3) eingebaut, so müssen besondere Anforderungen zum unmittelbaren Schutz des Grundwasser berücksichtigt und eingehalten werden. Die hierfür jeweils notwendigen Anforderungen werden im Rahmen der in diesen Fällen grundsätzlich erforderlichen wasserrechtlichen Erlaubnis (vgl. Kap. 2.1.1 und Kap. 2.1.2.2) geregelt. Wenn die Entzugsrohre im Zuge der Erdarbeiten maschinell verlegt werden, können während des Einbaus Beschädigungen nicht ohne weiteres ausgeschlossen werden. Wenn diese Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen (Kap. 6.1) betrieben werden, ist deren Zulässigkeit und die Einhaltung der notwendigen Materialanforderungen (vgl. Kap. 5.3.2) in einem wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren zu prüfen.

5.2.1 Anforderungen an die Ausführung

5.2.1.1 Qualifikation der ausführenden Unternehmen

Anlagen mit Erdwärmekollektoren müssen fachkundig geplant und nach den anerkannten Regeln der Technik (VDI 4640 Teil 1 und 2) errichtet werden. Die geothermischen Bedingungen am Anlagenstandort müssen bewertet werden und die Anlage entsprechend ausgelegt sein (vgl. Kap. 3.2). Für die Erdarbeiten und den Einbau der Kollektorrohre ist keine spezielle Qualifikation notwendig; es sind jedoch die nachfolgend in Kap. 5.2.1.2 bis Kap. 5.2.1.5 beschriebenen Anforderungen sowie die allgemein anerkannten Regeln der Technik (s.o.) einzuhalten. Die Installation der Wärmepumpenanlage und der Anschluss an die Kollektorrohre sind durch einen qualifizierten Fachbetrieb (Installateur und Heizungsbauer oder Kälteanlagenbauer, entsprechend Kap. 5.1.1.1) durchzuführen.

5.2.1.2 Erdarbeiten

Die für den Einbau der Entzugsrohe erforderlichen Erdarbeiten – Aushub, Zwischenlagerung und Wiederauffüllen des Bodens – sind fachlich korrekt durchzuführen, um die günstigen physikalischen Eigenschaften des Bodens und die weitere Nutzung, zum Beispiel als Garten, zu erhalten. Eine unbeabsichtigte Erschließung von Grundwasser ist gemäß § 49 Abs. 2 WHG bei der Wasserbehörde anzuzeigen und die Arbeiten, die zur Erschließung geführt haben, sind einstweilen einzustellen.

5.2.1.3 Anforderungen an das Material und die Verarbeitung

Folgende Produktanforderungen sind zu stellen:

- Die verwendeten Materialien müssen dicht und beständig sein.
- Die im Boden eingebauten Kollektoren bzw. anderen flachgründigen Systeme sowie zugehörige Anlagenteile müssen dem Stand der Technik entsprechen (VDI 4640 Blatt 2).
- Bei Verlegung im Sandbett sind mindestens Rohre aus PE 80, ansonsten PE 100 SDR 11 zu verwenden.
- In Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten oder Einzugsgebieten von Gewinnungsanlagen ohne festgesetztes Schutzgebiet (z.B. Mineralwasserbrunnen, Brunnen für Lebensmittelbetriebe, Hausbrunnen sind aus fachlicher Sicht PE-HD-Werkstoffe mit nachweislich höherer Spannungsrisssbeständigkeit und Punktlastbeständigkeit (z.B. PE 100-RC) zu verwenden.
- Bei maschineller Verlegung der Kollektorrohre (ohne Sandbett) sind mindestens Rohre aus PE 100-RC zu verwenden.
- Die Entzugsrohre müssen werkseitig in einem Stück gefertigt sein. Schweißungen der Kollektorrohre auf der Baustelle oder Steckverbindungen entsprechen diesen Anforderungen nicht.

5.2.1.4 Anforderungen an den Einbau und die Leitungsverlegung

Ein ordnungsgemäßer Einbau der Entzugsrohre liegt vor, wenn die Inhalte der VDI Richtlinie 4640, Blatt 2 und darüber hinaus folgende Bestimmungen eingehalten werden:

- Die Entzugsrohre sind werkseitig vorgefertigt und in einem Stück in der für die Kollektoranlage vorgesehenen Länge sicher verpackt anzuliefern.
- Das im Falle von Ausnahmezulassungen in Schutzgebieten ggf. notwendige Einbringen/Ergänzen fehlender Dichtungsschichten (vgl. Kap. 4.2.2) hat flächig unter der Einbaufläche für die Erdwärmekollektoren zu erfolgen. Das Material ist lagenweise zu verdichten. Auch beim Einbau von Bentonitmatten sind die Erdwärmekollektoren flächig zu unterlegen. Das Planum des Untergrundes sollte möglichst frei von Oberflächenwasser und der Untergrund ohne größere Unebenheiten (Steine etc.) sein. Zwi-

schen den Matten und den Kollektoren sind mind. 10 cm feinkörniges, steinfreies Bodenmaterial aufzubringen. Darüber hinaus sind die technischen Einbauhinweise des Herstellers der Bentonitmatten zu beachten.

- Die Entzugsrohre sind während des Einbaus vor Beschädigungen zu schützen. Der Einbau hat daher unter kontrollierten Bedingungen zu erfolgen. Bei maschineller Verlegung kann dies nicht gewährleistet werden (siehe Kap. 3.2.1 und Kap. 5.2)
- Bei der Verlegung der Entzugsrohre sind die jeweiligen Verlege-Richtlinien und Herstellerangaben (hinsichtlich Rohrdimension, Biegeradius, Temperaturanforderung) zu beachten.
- Alle nicht werkseitig herzustellenden Rohrverbindungen im Erdreich (z. B. Übergangsstücke oder Durchlässe an eine Verteilereinrichtung) müssen entweder als Schweißverbindungen nach den DVS-Richtlinien ausgeführt oder kontrollierbar – in einem dichten Kontroll-/Verteilerschacht – angeordnet werden.

5.2.1.5 Abschlussdokumentation und Inbetriebnahme

Vor Inbetriebnahme ist eine Druck- und Durchfluss-Endprüfung der Erdwärmanlage durch einen qualifizierten Fachbetrieb (Installateur und Heizungsbauer oder Kälteanlagenbauer, entsprechend Kap. 5.1.1.1) oder den Hersteller der Anlage im Auftrag des Betreibers durchzuführen. Die Prüfbescheinigung hat der Betreiber bei sich aufzubewahren und auf Verlangen vorzulegen.

Die Befüllung und Inbetriebnahme der Erdwärmanlage ist durch einen qualifizierten Fachbetrieb wie oben angegeben vorzunehmen (VDI 4640 Blatt 2).

5.2.2 Besondere Anforderungen an Einbau und Material bei Anlagen mit Direktverdampfern

Die Direktverdampfertechnik wird überwiegend in Anlagen mit Erdwärmekollektoren eingesetzt. Grundsätzlich sind bei der Installation und beim Betrieb (vgl. 6) die Vorgaben nach VDI 4640 Blatt 2, 6 sowie DIN 8901 zu beachten.

Die Verwendung der Direktverdampfer-Arbeitsmittel erfolgt unter relativ hohen Betriebsdrücken, die entsprechende Anforderungen an die Materialien, den Einbau und die Betriebsüberwachung stellen. Direktverdampfersysteme werden entweder zum Heizen oder als Klima-Split-Anlagen zum Kühlen von Gebäuden eingesetzt. Generell dürfen nur die für den jeweiligen Temperaturbereich zugelassenen und geprüften Materialien verwendet werden. Als Mindestanforderung zum Schutz der Anlagen und Umwelt gelten die Anforderungen und die Temperaturbereiche gemäß VDI 4640 (weiteres siehe Kap. 7). Wie bei allen anderen erdgekoppelten Systemen sind selbst abschaltende Druck-, Temperatur- und Strömungswächter zu installieren.

Direktverdampfersysteme dürfen nur von qualifizierten Fachbetrieben mit Zulassung als Kälteanlagenbauer (entsprechend Kap. 5.1.1.1) installiert werden.

5.3 Anforderungen an die Errichtung von Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen)

Wie auch bei den übrigen Anlagentypen müssen die Errichtung und der Betrieb der Erdwärmeanlage so erfolgen, dass keine Schutzgüter, insbesondere das Grundwasser, gefährdet und die Interessen der Nachbarn nicht beeinträchtigt werden. Bei der zulassungsrechtlichen Beurteilung und Abwägung der öffentlichen Interessen gilt - wie bei allen anderen Erdwärmennutzungen - generell der Vorrang des Schutzes der Trinkwasserressourcen vor der Erdwärmennutzung. Eine wasserrechtliche Erlaubnis ist bei Grundwasserwärmepumpen stets erforderlich (vgl. Kap. 2.1.2.3 und Kap. 3.3).

5.3.1 Anforderungen an den Brunnenbau

Das beauftragte bzw. das zu beauftragende Bohrunternehmen muss nach DVGW W120-1 zertifiziert sein oder (im Falle ausländischer Unternehmen) ein mindestens vergleichbares Zertifikat vorweisen.

Die gesamten Baumaßnahmen sind gemäß der vorgelegten Planung und den Bestimmungen der Behörde nach den geltenden Vorschriften, den anerkannten Regeln der Technik und der Baukunst (bspw. VDI 4640 Blatt 1 und 2, DIN EN ISO 14688-1, DIN EN ISO 14689-1, DIN EN ISO 22475-1) sowie den einschlägigen DVGW-Arbeitsblättern (DVGW W 115-116, DVGW W 118 durchzuführen und zu betreiben. Es gelten weiterhin die Anforderungen an den Brunnenbau und an Anlagen zur Reinfiltration gemäß DVGW W 122-125 inkl. der dort benannten normativen Verweise.

5.3.1.1 Bohrarbeiten

Bei der Durchführung der Probebohrungen und Bohrungen sind analog zu den Bohrungen für Erdwärmesonden die Vorgaben nach Kap. 5.1.1.2 einzuhalten. Zusätzlich sollten die folgenden Punkte beachtet werden:

- Das beauftragte zertifizierte Bohrunternehmen wählt anhand der zu erwartenden geologischen/hydrogeologischen Verhältnisse ein geeignetes Bohrverfahren aus und stimmt dieses mit der Behörde vor Beginn der Baumaßnahmen ab. Nicht angepasste Bohrverfahren können durch Verschleppung von Tonpartikeln die spätere Ergiebigkeit bzw. Durchlässigkeit beeinträchtigen (sog. Skin-Effekt).
- Abweichend von Kap. 5.1.1.2 ist der Bohrdurchmesser in Abhängigkeit des anstehenden Gesteins entsprechend der jeweiligen Brunnenbemessung zu wählen.
- Weichen die bei Bohrungen angetroffenen Untergrundverhältnisse von den für die Planung zu Grunde gelegten Verhältnissen deutlich ab, muss die ursprüngliche Planung unter Wahrung aller bekannten Rahmenbedingungen im Hinblick auf den Grundwasserschutz angepasst werden. Wird bei der Bohrung versehentlich ein Grundwassergeringleiter durchörtert, so sind unverzüglich geeignete Maßnahmen

zur Wiederherstellung der natürlichen hydraulischen Barrieren zu treffen; die Wasserbehörde ist zu informieren. Entsprechendes gilt bei Antreffen einer Grundwasserleiterbasis vor der geplanten Endteufe. Unter Beachtung der notwendigen Sicherheitsvorkehrungen und Schutzmaßnahmen ist die Bohrung zu unterbrechen und muss das weitere Vorgehen mit der Behörde abgestimmt werden.

- Generell muss der Brunnenbauer flexibel auf die tatsächlich angetroffenen geologischen Verhältnisse reagieren können. Dazu gehören das Vorhalten unterschiedlich langer Vollrohre und Filterrohre, von Filterrohren mit unterschiedlichen Schlitzweiten sowie von unterschiedlichen Filterkiesschüttungen und das Vorhalten ausreichender Auffangkapazitäten.
- Zur Dokumentation der Bohrung und zur Festlegung der Filter- und Abdichtungsstrecken ist eine ordnungsgemäße Profilansprache und Probenentnahme durchzuführen (vgl. Kap. 5.1.1.2). Um eine optimale Auslegung der Filterkiesschüttung und der dazu passenden Filterschlitzweiten zu gewährleisten, sollten bei den Proben im Bereich des Entnahmehorizonts Siebkornanalysen durchgeführt werden. Auf dieser Grundlage kann der Brunnenausbau insbesondere auch für den Schluckbrunnen optimal dem Untergrund angepasst werden.

5.3.1.2 Anforderungen an Brunnenausbau, -material und Abschlussbauwerk

Anlage 3 zeigt zur Orientierung ein Ausbauschema für einen üblichen Brunnenausbau im oberen Grundwasserleiter im Lockergestein. Die Bohr- und Ausbaudurchmesser, die Rohrlängen sowie die Auswahl des Schüttguts im Ringraum werden individuell an die angetroffene hydrogeologische Situation angepasst. Ein Brunnen setzt sich in der Regel aus folgenden Komponenten zusammen:

- Bohrloch
- Ausbauverrohrung mit Filter- und Vollrohren
- Brunnenkopf mit Öffnungen für Saugleitung/Steigrohre, Sondenkabel
- Ringraumverfüllung mit Filtersand/-kies und Abdichtungsmaterial
- Abschlussbauwerk (meist Schachtbauwerk)
- Saugleitung oder Tauchmotorpumpe mit Steigleitung, Stromkabel und Fangseil (bei Förderbrunnen)
- Einlaufleitung bei Schluckbrunnen
- Brunnenwasserleitung mit Probennahmehahn
- Mengenerfassung (Wasseruhr)
- Stromversorgungen/Brunnensteuerung

Beim Ausbau der Förder- bzw. Schluckbrunnen und der Errichtung des Abschlussbauwerks sind folgende Anforderungen zu beachten:

- Es ist zu beachten, dass die Wiedereinleitung des entnommenen Grundwassers in der Regel in denselben Grundwasserleiter und Grundwasserhorizont erfolgen muss (vgl. Kap. 3.3.3).
- Für das Brunnenbauwerk sind bei der Ausbauperrohrung und der Ringraumverfüllung nur die in den oben genannten Regelwerken aufgeführten Materialien einzusetzen. Anhand der Vorgaben der Anlagenhersteller ist sicherzustellen, dass das Material bzgl. der Beschaffenheit des geförderten Wassers (vgl. Kap. 3.3.4) geeignet ist.
- Förder- bzw. Schluckbrunnen benötigen grundsätzlich einen tagwasserdichten Brunnenschacht als Abschlussbauwerk und eine Abdeckung des Brunnenkopfes.
- Die Position der Filterstrecken muss an die Zufluss- und Absenkungsverhältnisse sowie an eine evtl. vorhandene Schichtung Grundwasserbeschaffenheit angepasst werden.
- Seitliche Durchbrüche in Brunnenstuben sind zu vermeiden bzw. müssen druckdicht ausgeführt werden. Es darf kein Bodenwasser in das Brunnenbauwerk eindringen. Zum Bau von Versickerungsanlagen wird auf die einschlägigen technischen Regelwerke (bspw. DVGW W 125, DWA-A 138) verwiesen.
- Das Abschlussbauwerk kann ober- oder unterirdisch angelegt werden und ist frostfrei zu gründen. Der Zutritt von Oberflächen-, Sicker- oder oberflächennahen „schwebenden“ Grundwässern in das Abschlussbauwerk ist durch geeignete Abdichtung des Bauwerks und der Öffnungen in jedem Fall zu vermeiden. Ein Zulauf von Oberflächenwasser in den Schacht und dessen Ableiten in den Untergrund ist nicht zulässig.
- Zur Verhütung von Unfällen sind die gesetzlichen Regelungen zu beachten. Bei Schachtbauwerken können z.B. Vorkehrungen hinsichtlich der Begehung aufgrund der Ansammlung von Brunnen- u. Bodengasen (CO_2 , CH_4 , H_2S) erforderlich sein.
- Der Brunnenkopf (= oberer Abschluss des Brunnenausbau mit Durchführung von Leitungen/Steigrohren) muss so ausgeführt sein, dass ein Zulauf von Wasser aus der Brunnenstube in die Brunnenrohre sowie über den Ringraum vollständig und dauerhaft unterbunden wird.
- In Abhängigkeit der Brunnendimensionierung sitzt der Brunnenkopf entweder unmittelbar auf dem Brunnenvollrohr auf oder er kann konstruktiv davon entkoppelt in der Bodenplatte verankert werden. Um Brunnenausbau und Ringraum vor Wasser- und Luftzutritt zu schützen sind geeignete Dichtungen erforderlich.
- Der natürliche oder künstlich durch den Anlagenbetrieb erzeugte maximal zu erwartende Grundwasserspiegel darf nur bis an die Unterkante des Abschlussbauwerks ansteigen. Liegt der höchste zu erwartenden Grundwasserspiegel im Bereich der Unterkante des Abschlussbauwerks, ist die Auftriebssicherheit des Schachtes sicherzustellen.
- Grundwasserzutritt in den Brunnenausbau ist durch geeignete Abdichtung zwischen Brunnenkopf und Ausbauperrohrung oder ggf. durch dichte Verbindung zwischen Brunnenrohr und Brunnenkopf auszuschließen.
- Liegt der höchste zu erwartenden Grundwasserspiegel im Bereich der Unterkante des Abschlussbauwerks, ist die Auftriebssicherheit des Schachtes sicherzustellen.
- Die oberste Abdichtungsstrecke im Brunnenringraum muss entsprechend der Mächtigkeit der angetroffenen bindigen Deckschichten bemessen werden, mindestens je-

doch ist eine 2 Meter mächtige Abdichtung unmittelbar unterhalb der Sohle des Abschlussbauwerks vorzusehen. Werden auch im tieferen Bohrungsverlauf stauende (bindige) Schichten oder Bereiche mit Wechsellagerungen aus bindigen / rolligen Material innerhalb des erwarteten ersten Hauptgrundwasserleiters erbohrt ist auch hier der Ringraum mit abdichtenden Material zu verfüllen. Letzteres dient der Minimierung des vertikalen Austauschs hydrochemisch unterschiedlicher Wässer mit nachteiligen Auswirkungen für das Bauwerk.

- Bei der Bemessung ist zu berücksichtigen, dass mit zunehmender Größe das Brunnenbauwerks und der Filterkiespackung die Gefahr von Setzungserscheinungen steigt. Diese können dann Schäden am Brunnenabschlussbauwerk verursachen oder auch zu einem Eintritt von anstehendem Gebirge in das Filterrohr führen. Um dies zu verhindern, müssen bereits beim Filterkieseinbau ausreichende Maßnahmen zur Konsolidierung der Filterkiesschüttung durchgeführt werden.
- Um Schäden an den Förderanlagen zu vermeiden, sollte nach den abschließenden Leistungstests die technische Sandfreiheit gemäß DVGW W 118 durch den Brunnenbauer nachgewiesen werden.
- Zur Beobachtung der Grundwasserstände und Entnahme von Wasserproben ist an jedem Brunnenkopf eine Peilöffnung (mind. $\frac{3}{4}$ ") mit dicht verschließbarem Deckel zu installieren. Zusätzliche Peilrohre im Ringraum dürfen nicht eingesetzt werden.
- Die Pumpe bzw. die Saugleitung ist oberhalb des Filterrohrs zu positionieren, um durch Druckveränderungen induzierte Ablagerungen im Filterbereich zu reduzieren.
- In den Pumpen dürfen keine wassergefährdende Stoffe (Hydraulik, Schmierstoffe, Korrosionsschutz) eingesetzt werden.
- Bei Schluckbrunnen muss die Wiedereinleitung des Grundwassers grundsätzlich unterhalb des Wasserspiegels und in denselben Grundwasserleiter (entsprechender Grundwasserhorizont) erfolgen, aus dem das Wasser entnommen wird.
- Wenn die Wiedereinleitung unter Druck erfolgt, d. h. der Betriebswasserstand oberhalb des Brunnenkopfes liegt, ist der zusätzliche Einbau eines Manometers zwischen Wärmepumpe und Brunnenkopf erforderlich.
- Zur Feststellung der entnommenen bzw. eingeleiteten Wassermenge ist grundsätzlich in die Druckleitung ein genormter und einwandfrei funktionierender Wasserzähler (Durchflusssummenzähler) hinter der Wärmepumpe oder an geeigneter Stelle ein Betriebsstundenzähler zur Feststellung der Betriebsdauer der Entnahmepumpe einzubauen.

6 Anforderungen an Betrieb, Betriebsmittel und die Außerbetriebnahme von Erdwärmeanlagen

Mit dem Betrieb von Erdwärmeanlagen sind bei Verwendung wassergefährdender Stoffe Gefahren für das Grundwasser verbunden. Eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit im Sinne des WHG ist auch infolge einer physikalischen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit möglich. Weiterhin sind Schäden und Auswirkungen durch die thermische Beanspruchung möglich. Auch nach Außerbetriebnahme von Erdwärmeanlagen sind nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit, bspw. durch die Entstehung von Wegsamkeiten in der Verfüllung von Bohrungen, möglich.

Daher müssen folgende generelle Anforderungen erfüllt werden:

- die Anlagen müssen gegen die zu erwartenden Beanspruchungen widerstandsfähig und dicht sein,
- durch geeignete Maßnahmen ist das Risiko von Leckagen zu minimieren, die bei nicht vorherbarem Totalversagen der Anlage auftreten können,
- Undichtheiten müssen schnell erkannt werden,
- die Eigenschaften des Grundwassers dürfen nicht nachteilig verändert werden.

Detaillierte Technische Hinweise zu Betrieb und Qualitätssicherung von Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie enthalten die Empfehlungen des Arbeitskreises Geothermie der Fachsektion Hydrogeologie (FH-DGG) und Fachsektion Ingenieurgeologie (FI-DGGT/DGG) (DGGT/DGG 2015). Als Zusammenstellung des Stands der Technik im Bereich oberflächennaher Geothermie für Deutschland wird derzeit die VDI-Richtlinie 4640 (Blätter 1-4) angesehen.

6.1 Betriebsstoffe und Anlagensicherheit

6.1.1 Grundsätze

Für die konkretisierende Definition und Einstufung wassergefährdender Stoffe ist die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) des Bundes maßgeblich.

Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen unterliegen den Anforderungen des § 62 WHG. Danach müssen diese Anlagen so beschaffen sein und so errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden, dass eine nachteilige Veränderung der Eigenschaften von Gewässern nicht zu besorgen ist (§ 62 Abs. 1 WHG). Auch dürfen diese Anlagen nur entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschaffen sein sowie errichtet, unterhalten, betrieben und stillgelegt werden (§ 62 Abs. 2 WHG).

Die Anforderungen des § 62 WHG werden durch die AwSV konkretisiert. Nach § 35 Abs. 2 AwSV werden weiter die Anforderungen gestellt, dass die Wärmeträgerkreisläufe von Erdwärmesonden und –kollektoren unterirdisch nur einwandig ausgeführt werden dürfen, wenn

- sie aus einem werkseitig geschweißten Sondenfuß und endlosen Sondenrohren bestehen,
- sie durch selbsttätige Überwachungs- und Sicherungseinrichtungen so gesichert sind, dass im Falle einer Leckage des Wärmeträgerkreislaufs die Umwälzpumpe sofort abschaltet und ein Alarm ausgelöst wird und
- als Wärmeträgermedium nur die folgenden Stoffe oder Gemische verwendet werden:
 - a. nicht wassergefährdende Stoffe oder
 - b. Gemische der Wassergefährdungsklasse 1, deren Hauptbestandteile Ethylen- oder Propylenglycol sind.

Anlagen außerhalb der gewerblichen Wirtschaft und öffentlicher Einrichtungen (private Anlagen) sowie Anlagen, in denen Wasser oder nicht wassergefährdende Stoffe verwendet werden, unterliegen nicht den Anforderungen des § 62 WHG und auch nicht denen des § 35 AwSV. Für diese gilt jedoch die allgemeine Sorgfaltspflicht gemäß § 5 Abs. 1 WHG. Sie müssen deshalb so eingebaut und betrieben werden, dass mit der nach den Umständen erforderlichen Sorgfalt eine Verunreinigung der Gewässer verhütet wird. Bezogen auf den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen sind hier deshalb dieselben technischen Anforderungen zu erfüllen, wie für Anlagen im Geltungsbereich des § 62 WHG (siehe dann § 34 Absatz 1 Nr. 2 LWG). Die Regelung in § 34 Abs. 1 Nr. 1 stellt eine Privilegierung dar, die die Einhaltung der konkreten materiellen Anforderungen in die Risikosphäre des Verwenders verlagert, wenn er nicht anzeigt. Da die Regelung nur Fälle umfasst, die keine Benutzungen darstellen, ergeben sich für die Wasserbehörden daraus keine Prüf- und Zulassungspflichten.

Die einzuhaltenden technischen Anforderungen an den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert. Die in Kap. 4.2. aufgeführten Sonderregelungen in Schutzgebieten sind ergänzend zu beachten.

6.1.2 Anforderungen an Wärmeträgermedien und Zusätze (Öle, Additive) in Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren

Wässrige Lösungen der Wassergefährdungsklasse (WGK) 1 gemäß AwSV auf der Grundlage der Stoffe Ethylenglykol (Ethandiol), Propylenglykol (1,2-Propandiol) oder Ethanol dürfen erforderlichenfalls unter begrenztem Zusatz von Korrosionsinhibitoren eingesetzt werden, soweit nicht schützenswerte Grundwasservorkommen (vgl. Kap. 3.1.4) entgegenstehen.

Der Lieferant der Wärmeträgermedien hat zu bescheinigen, dass das Wärmeträgermedium den vorstehenden Anforderungen entspricht und unter Berücksichtigung der Zusätze in die WGK 1 einzustufen ist. Dazu darf der Anteil von Zusätzen einschl. Korrosionsinhibitoren max. 5 % (bezogen auf das unverdünnte Wärmeträgermedium) betragen. Korrosionsinhibitoren sind generell zu vermeiden bzw. zu minimieren ($\leq 1\%$); Korrosionsinhibitoren der WGK 3 und Benzotriazole sind nicht vertretbar. Voll- oder teilhalogenierte (Fluor-) Kohlenwasserstoffe (FKW bzw. HFKW) dürfen als Wärmeträgermedien nicht verwendet werden. Eine Aufstellung von zurzeit gängigen Wärmeträgermitteln, die ohne zusätzlichen Nachweis verwendet werden dürfen, enthält Tabelle 4 in Anhang 4.

Bei Verwendung wassergefährdender Stoffe müssen die unterirdischen Wärmeträgerkreisläufe von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren durch selbsttätige Überwachungs- und Sicherheitseinrichtungen so gesichert sein, dass im Falle einer Leckage des Wärmeträgerkreislaufs die Umwälzpumpe sofort abgeschaltet und ein Alarm ausgelöst wird (vgl. Kap. 6.2.1).

6.1.3 Anforderungen an Wärmeträgermedien und Additive in Erdwärmanlagen mit Direktverdampfertechnik

Als Wärmeträgermedien können bei neuen Erdwärmekollektoren oder sonstigen erdgekoppelten Anlagen mit Direktverdampfertechnik nur nachweislich nicht wassergefährdende Stoff- bzw. Gasgemische verwendet werden. Dies ergibt sich daraus, dass die Verwendung von Halogenkohlenwasserstoffen (z.B. R410 A und R407 C) als Wärmeträgerflüssigkeit im Primärkreislauf sowohl bei Anlagen, die das Grundwasser erreichen, als auch bei Anlagen, die das Grundwasser nicht unmittelbar erreichen, nicht mehr vertretbar ist, da diese Stoffe schwerer sind als die Bodenluft und deshalb bis zum Grundwasser absinken können.

Da Fluorkohlenwasserstoffe zudem chemisch sehr stabil sind, werden sie auch im Grundwasser praktisch nicht abgebaut. Sie können über dem Grundwasserleiter langlebige Gasblasen bilden, aus denen über einen langen Zeitraum FKW ins Grundwasser übergehen können. Darüber hinaus sind fluoridierte und sonstige Halogenkohlenwasserstoffe aufgrund ihrer Klimaschädlichkeit in den genannten Systemen abzulehnen. Für Neuanlagen mit Direktverdampfertechnik kommt deshalb der Einsatz ozon- und klimaschädigender Wärmepumpen-Arbeitsmittel (= Kältemittel) wie Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) sowie die Verwendung anderer wassergefährdender Stoffe bzw. Gase (d.h. auch NH_4) oder Gasgemische nicht mehr in Betracht.

Eine Aufstellung von zurzeit gängigen Wärmeträgermitteln, die ohne zusätzlichen Nachweis verwendet werden dürfen, enthält Tabelle 3 in Anhang 4.

6.2 Anforderungen an den Betrieb

6.2.1 Betrieb von Erdwärmesonden und Anlagensicherungssysteme

Der Sondenkreislauf ist beim Einsatz von wassergefährdenden Stoffen mit einem selbsttätigen Druck - / Strömungswächter auszustatten, der bei dauerhaftem Druckabfall im Solekreislauf die Umwälzpumpe sofort abschaltet und einen optisch/akustischen Alarm auslöst, so dass ein weiterer Austritt des Wärmeträgermediums verhindert wird. Bei einem solchen Störfall ist entsprechend VDI 4640 Blatt 2 Entwurf (2015), 13.1 vorzugehen. Wird eine Undichtigkeit im System (Druckabfall bis auf 0 bar, Verlust der Wärmeträgerflüssigkeit) festgestellt, muss das Wärmeträgermedium komplett abgepumpt bzw. mit Trinkwasser ausgespült werden. Wasserbehörde ist dann unverzüglich zu benachrichtigen und über Gegenmaßnahmen zu informieren.

Die Erdwärmesondenanlage ist zur Vermeidung von Materialermüdung und Frostschäden an der Bohrlochabdichtung auch im Spitzenlastfall ohne Gefahr einer Vereisung des Untergrundes zu betreiben. Hierzu sind die in Kap. 3.1.4 aufgeführten Regelungen einzuhalten.

Grundsätzlich haftet der Anlagenbetreiber für den ordnungsgemäßen Bau und Betrieb der Anlage und alle daraus resultierenden Schäden einschließlich möglicher Umweltschäden. Ein Wechsel des Anlagenbetreibers und/oder der Betriebsweise ist der Wasserbehörde mitzuteilen.

Die Wärmepumpenanlage ist in regelmäßigen Abständen nach den Vorgaben des Herstellers durch einen qualifizierten Fachbetrieb (Installateur und Heizungsbauer oder Kälteanlagenbauer entsprechend Kap. 5.1.1.1) zu warten. Hierbei sind eine visuelle und technische Funktionskontrolle der Sicherheitseinrichtungen, insbesondere der Anlagenkomponenten wie Druckausdehnungsgefäß, Sicherheitsdruckwächter, Temperaturwächter, Manometer, Ventile und Verplombungen vorzunehmen. Die Wartungsarbeiten sind im Anlagen-Betriebsbuch zu protokollieren. Das Protokoll ist aufzubewahren und der Wasserbehörde auf Verlangen vorzuzeigen. Darüber hinaus müssen ggf. weitergehende Anforderungen (bspw. in Schutzgebieten) sowie im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis erteilte Nebenbestimmungen hinsichtlich der Sicherungssysteme, Betriebskontrolle und Dokumentation beachtet werden.

6.2.2 Betrieb von Erdwärmekollektoren und Anlagensicherungssysteme

Bei Verwendung wassergefährdender Stoffe ist der Kollektorkreislauf durch eine selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtung zu sichern, die im Falle einer Leckage (Abfall des Flüssigkeitsdrucks) in der Anlage die Umwälzpumpe sofort abschaltet, ein Störungssignal abgibt und den Austritt der Wärmeträgerflüssigkeit minimiert. Bei einem solchen Fall ist entsprechend VDI 4640 Blatt 2 Entwurf (2015), 13.1 vorzugehen. Wird eine Undichtigkeit festgestellt, darf die Anlage bis zu deren Beseitigung nicht weiter betrieben werden. Das Wärmeträgermedium ist aus dem Kollektorkreislauf auszuspülen und ordnungsgemäß zu entsorgen. Die Wasserbehörde ist unverzüglich zu informieren (unabhängig vom Vorliegen einer wasserrechtlichen Erlaubnis); das weitere Vorgehen ist mit der Wasserbehörde abzustimmen.

Die Funktionsfähigkeit des Druck-/Strömungswächters bzw. die Dichtheit des Kollektorkreislaufs und die Dichtheit des Wärmepumpenkreislaufs sind durch den Betreiber regelmäßig zu kontrollieren (Betriebstagebuch). Die Wärmepumpenanlage ist in regelmäßigen Abständen nach den Vorgaben des Herstellers durch einen qualifizierten Fachbetrieb (Installateur und Heizungsbauer oder Kälteanlagenbauer, entsprechend Kap. 5.1.1.1) zu warten. Hierbei sind eine visuelle und technische Funktionskontrolle der Sicherheitseinrichtungen, insbesondere der Anlagenkomponenten wie Druckausdehnungsgefäß, Sicherheitsdruckwächter, Manometer, Ventile und Verplombungen vorzunehmen. Die regelmäßigen Kontrollen und Wartungsarbeiten sind im Anlagen-Betriebsbuch zu protokollieren. Das Protokoll ist aufzubewahren und der Wasserbehörde auf Verlangen vorzuzeigen. Darüber hinaus müssen ggf. weitergehende Anforderungen (bspw. in Schutzgebieten) sowie im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis erteilte Nebenbestimmungen hinsichtlich der Sicherungssysteme, Betriebskontrolle und Dokumentation beachtet werden.

6.2.3 Betrieb von Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen)

Die Anlagen sind jederzeit in technisch einwandfreiem Zustand zu erhalten. Zur Überprüfung der Anforderungen der Grundwasserverordnung und des Wasserhaushaltsgesetzes werden an die Anlagenüberwachung folgende Anforderungen gestellt:

- Die kontinuierliche Erfassung der Temperatur und des Wasserstands des Grundwassers bei der Entnahme und vor der Wiedereinleitung ist durch geeignete Messgeräte sicherzustellen.
- Es ist ein Betriebsbuch zu führen, das der Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen ist. Die Dokumentation der Betriebsdaten dient zum Nachweis des rechtmäßigen Betriebs und zur Eigenkontrolle (z. B. Brunnenalterung) und damit der Anlagensicherheit.
- Die entnommene und eingeleitete Wassermenge des Grundwassers ist innerhalb der Betriebszeiten mindestens einmal monatlich abzulesen und unter Angabe des Datums in das Betriebsbuch einzutragen oder – je nach Maßgabe der Behörde – kontinuierlich aufzuzeichnen.
- Die Temperatur des eingeleiteten und entnommenen Grundwassers ist kontinuierlich zu erfassen (monatlicher Min.- und Max.-Wert im Betriebstagebuch) und muss dauerhaft innerhalb des in Kap. 3.3.2 (Tab. 2) angegebenen Bereichs bleiben; die Temperaturänderung darf $\pm 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht überschreiten.

Zur regelmäßigen Kontrolle und Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit gelten allgemein folgende Bestimmungen:

- Die Gesamtanlage (Wärmequellen- und Wärmepumpenanlage) ist vom Betreiber auf ihre Funktionsfähigkeit zu überwachen und regelmäßig zu warten.
- Besondere Vorkommnisse wie z. B. Betriebsstörungen, Wechsel der Pumpe, Anstieg des Wasserspiegels über die Schachtsohle des Schluckbrunnens, Leckage des Wärmetauschers, sind unter Angabe des Datums in das Betriebstagebuch einzutragen. Etwaige Maßnahmen zur Regenerierung der Brunnen sind der Wasserbehörde schriftlich anzuzeigen und zu erläutern. Die chemische Regeneration von Brunnen bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis und die möglichst frühzeitig beantragt werden sollte.
- Betriebsstörungen oder Betriebsänderungen, durch die eine Beeinträchtigung der Grundwasserbeschaffenheit zu besorgen ist, sind unverzüglich der Wasserbehörde zu melden und in das Betriebsbuch einzutragen.
- Die Wärmepumpe muss mit einem Druckwächter so ausgerüstet sein, dass dieser bei Druckabfall im Kältemittelkreislauf die Anlage abschaltet, und ein in der Ableitung zum Schluckbrunnen anzuordnendes Sicherheitsventil automatisch schließt.
- Ggf. (soweit in Abhängigkeit von der jeweiligen Anlage die Notwendigkeit besteht) ist eine Sicherheitseinrichtung einzubauen, welche die Anlage abschaltet, wenn der Wasserspiegel im Schluckbrunnen über die Brunnenschachtsohle ansteigt, um ein Überlaufen des Brunnens zu verhindern⁶.

⁶ Ähnliche Sicherheitseinrichtungen gelten auch für andere Arten der Grundwasser-Reinfiltration

Anforderungen zur Vermeidung von Schadstoffeinträgen in das Grundwasser und Kontaminationen von Versorgungseinrichtungen:

- Das dem Grundwasserkörper entnommene Wasser darf nur zum Betrieb der Wärmepumpe verwendet werden. Zwischen dem Leitungssystem für die Wärmenutzung und dem öffentlichen Wasserleitungsnetz dürfen keinerlei Verbindungen bestehen. Das für die Wärmenutzung erforderliche Leitungsnetz ist als geschlossenes System auszuführen (vgl. Kap. 3.3.4) und muss gut erkennbar gekennzeichnet werden.
- Das entnommene Wasser ist demselben Grundwasserleiter restlos wieder zuzuführen. Bei Schluckbrunnen erfolgt die Wiedereinleitung grundsätzlich unterhalb des Wasserspiegels (vgl. Kap. 5.3.1.2)
- Fremdwässer dürfen auf keinen Fall in die Brunnen gelangen (vgl. Ausführungen zum Brunnenausbau in Kap. 5.3.1.2).

Betriebsänderungen

- Betriebsänderungen können beispielsweise maschinelle Einrichtungen, die Betriebsweise oder den Verwendungszweck des geförderten Wassers betreffen. Sie sind mit der Wasserbehörde abzustimmen.

6.3 Anforderungen an die Außerbetriebnahme

Gemäß § 33 Abs. 2 LWG ist bei der Änderung und Außerbetriebnahme von Anlagen zur Benutzung von Grundwasser § 25, insbesondere Abs. 3, LWG entsprechend anzuwenden. Die beabsichtigte Änderung (und damit auch die Außerbetriebnahme) ist zwei Monate vorher unter Beifügung der zur Beurteilung erforderlichen Zeichnungen, Nachweise und Beschreibungen der zuständigen Behörde anzuzeigen. Es ist zu empfehlen hierauf im Erlaubnisbescheid hinzuweisen. Eine Änderung liegt beispielsweise auch vor, wenn durch Erhöhung der Heizlast der Wärmeentzug geändert wird. Außerdem kann nach § 25 Abs. 2 LWG vorgegangen und bei Wegfall der Benutzungszulassung der Rückbau angeordnet werden, insbesondere bei Anlagen, die wassergefährdende Stoffe enthalten, es sei denn, es sind mildere Mittel möglich.

6.3.1 Außerbetriebnahme von Erdwärmesonden

Die Außerbetriebnahme bzw. die Stilllegung von Erdwärmesonden ist sachgemäß durch einen für die Wartung bzw. Errichtung von Erdwärmesondenanlagen qualifizierten Fachbetrieb (entsprechend Kap. 5.1.1.1; bei Umgang mit wassergefährdenden Stoffen: mit Sachkundennachweis zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) auszuführen. Es ist sicherzustellen, dass auch während und nach der Stilllegung keine schädlichen Auswirkungen auf das Grundwasser entstehen können. Dies ist bereits beim fachgerechten Einbau – insbesondere hinsichtlich der Bohrung und Bohrlochabdichtung – zu bedenken (Sorgfaltspflicht nach § 5 WHG).

Bei der Außerbetriebnahme muss die Wärmeträgerflüssigkeit mit Frischwasser aus der Sonde gespült und sachgemäß entsorgt werden. Das Kältemaschinenöl der Wärmepumpe und das Kältemittel sind vollständig abzusaugen und ordnungsgemäß zu entsorgen. Für eine vorübergehende Außerbetriebnahme ist die Sonde mit Wasser zu befüllen und sicher zu verschließen bzw. zu verplomben.

Alle im Rahmen der Anlagen-Außerbetriebnahme durchzuführenden Maßnahmen und die Art und Weise des Rückbaus sind unter Berücksichtigung der Anforderungen im Einzelfall mit der Wasserbehörde abzustimmen und zu dokumentieren. Über die Art und Weise des Rückbaus und eventuelle Maßnahmen zur Anlagensanierung ist abhängig vom Zustand des Bohrloches bzw. der Bohrlochabdichtung zu entscheiden. Bei Verdacht auf Undichtigkeiten des Ringraums ist eine Überprüfung des Bohrloches über die noch nicht verfüllte Sonde möglich. Anlagenschäden, die zu Auswirkungen auf den Untergrund oder das Grundwasser führen können, sind zu beheben. Ggf. ist ein Sanierungsplan unter Hinzuziehung eines Sachverständigen erforderlich.

Eine endgültige Stilllegung der Erdwärmesonde kann entweder durch einen teilweisen Rückbau (Verfüllen der Sonde mit dauerhaft dichtem Material) oder durch einen vollständigen Rückbau (Ziehen der Sonde, Verfüllen der Bohrung) erfolgen. Die verfüllte und verplombte Erdwärmesonde kann im Untergrund verbleiben, wenn keine Hinweise auf Undichtigkeiten in der Verfüllung und auch im Ringraum vorhanden sind. Vorhandene oberflächennahe Undichtigkeiten sind nachträglich (bspw. durch Verpressen / Verplomben mit speziellem Dichtungsmaterial) abzudichten. Bei festgestellten Undichtigkeiten / Umläufigkeiten im Ringraum muss die Sonde entweder vollständig rückgebaut und das Bohrloch verpresst werden, oder – falls die Sonde noch nicht verfüllt ist – kann eine Sanierung des Bohrloches eventuell von innen nach außen über die Sonde erfolgen. In jedem Fall ist eine vollständige und dauerhafte Abdichtung des Bohrlochs zu erzielen. Für eine im Erdreich verbleibende Sonde ist eine regelmäßige Kontrolle erforderlich, ggf. ist eine Prüfung des Zustands durch einen Sachverständigen erforderlich.

6.3.2 Außerbetriebnahme von Erdwärmekollektoren

Bei Außerbetriebnahme der Anlage ist das Wärmeträgermittel auszuspülen, aufzufangen und ordnungsgemäß zu entsorgen. Bei einer endgültigen Stilllegung sollten Erdwärmekollektoren möglichst aus dem Untergrund entfernt werden.

6.3.3 Außerbetriebnahme von Grundwasserwärmepumpen (Brunnenanlagen)

Betriebsänderungen können beispielsweise maschinelle Einrichtungen, Betriebsweise oder Verwendungszwecks des geförderten Wassers betreffen. Wenn keine Folgenutzung vorgesehen oder genehmigungsfähig ist, ist die Brunnenanlage nach den jeweiligen Regeln der Technik zurückzubauen. Eine Stilllegung der Brunnen ist der zuständigen Wasserbehörde anzuzeigen. Auflagen bezüglich einer anderweitigen Verwendung oder zum Rückbau bleiben der zuständigen Wasserbehörde vorbehalten.

7 Anforderungen bei Anlagen zur Kühlung oder Wärmespeicherung

Neben dem Heizen ohne fossile Brennstoffe rücken auch mehr und mehr die Themen Gebäudekühlung und Wärmespeicherung in den Vordergrund. Hierfür werden sowohl geschlossene als auch offene Systeme, vielfach auch in Verbindung mit anderen Systemen zur Energieerzeugung, verwendet. Dabei sind die nachfolgend genannten Materialanforderungen sowie für das Einleiten von Wärme zu beachten.

Eine entsprechende Anlagennutzung muss bereits im Vorfeld bei der Anlagenplanung berücksichtigt werden. Es muss dann in einer entsprechend fachkundigen und sachgemäßen Überprüfung entschieden werden, ob die Anlage nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik für die geplante Nutzung geeignet ist.

7.1 Anforderungen an das Material

Bei Anlagen zur Kühlung oder Wärmespeicherung ist zu beachten, dass das Rohrmaterial für entsprechende thermische Beanspruchungen geeignet und für den Einsatzbereich zugelassen sein muss. Das bei Erdwärmesonden als Mindeststandard vorgeschriebene Rohrmaterial PE 100 SDR 11 ist nach den Angaben des Fachverbands der Kunststoffrohrindustrie für Temperaturen bis 40 ° C geeignet (KRC 2012). Bei Anlagen im Bereich Ein- bis Zweifamilienhäuser geht die Temperatur in der Regel nicht über 20 ° C hinaus. Hinweise für größere Anlagen enthält Anhang 1.

7.2 Anforderungen an die Einleitung von Wärme / Warmwasser in den Untergrund und an Wärmespeicher

Bei Anlagen mit Einleitung von Wärme (geschlossene Systeme) / Warmwasser (offene Systeme) in den Untergrund ist sicherzustellen, dass eine nachteilige Beeinflussung anderer Grundwassernutzungen (z. B. Brunnenfassungen, Erdwärmesonden) ausgeschlossen wird. Dabei sind die Richtlinien aus VDI 4640 zu beachten. Sind im näheren Umkreis (< 1000 m im Abstrom) der geplanten Anlage Heilquellen, Mineralwasserquellen oder Trinkwasserentnahmen vorhanden, - sowie im Hinblick auf geothermische Nutzungen auf dem Nachbargrundstück -, muss durch die Wasserbehörde geprüft werden, ob durch die Wärmeeinleitung eine Beeinträchtigung dieser Nutzung zu besorgen ist. Dabei ist insbesondere die Fließrichtung und Strömungsgeschwindigkeit im Grundwasser zu beachten (vgl. Kap. 3.1.5, Kap. 3.3.2). Zur Beurteilung der Temperaturveränderung im Untergrund kann die Wasserbehörde (bspw. bei Anlagen zum Heizen und Kühlen gekoppelt mit Solarthermie oder bei größeren Anlagen) die Ermittlung des Wärmeeintrags durch geeignete Berechnungen fordern. Weitere Hinweise zu größeren Anlagen siehe Anhang 1.

Bei der Beurteilung des thermischen Einflusses von Wärmespeichern ist entsprechend VDI 4640 zwischen Anlagen mit ausgeglichener Wärmebilanz im Jahresverlauf und einer maxi-

malen Speichertemperatur von 20 °C einerseits und Mittel- bis Hochtemperaturspeichern (20 bis 90 °C) andererseits zu unterscheiden. Bei den erstgenannten Anlagen kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass Auswirkungen auf den Untergrund tolerierbar sind. Hinweise zur Zulässigkeit von Mittel- bis Hochtemperaturspeichern sind in Anhang 1 (Hinweise für größere Anlagen) enthalten. Bei der Planung und Errichtung von Wärmespeichern ist generell VDI 4640 Teil 3 zu beachten. Bei Kältespeichern ist insbesondere darauf zu achten, dass es durch Volumenänderungen infolge von Frost-Tau-Wechseln nicht zu Hebungen oder Setzungen kommt. Generell ist auszuschließen, dass andere Nutzungen im genutzten Aquifer sowie ggf. in darüber- oder darunterliegenden Aquiferen beeinträchtigt werden.

Die Auswirkungen von Temperaturänderungen (Wärme- und Kälteeinleitungen) auf den Grundwasserleiter in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht sowie das Ausbreitungsverhalten von Temperaturfahnen in der gesättigten Zone wurden in einem umfangreichen Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes untersucht und mit den bisherigen Erkenntnissen (Literaturrecherche) und den geltenden Standards abgeglichen (UFOPLAN-Endbericht: „Auswirkungen oberflächennaher Geothermie auf den Zustand des Grundwassers – Empfehlungen für eine umweltverträgliche Nutzung“; Umweltbundesamt 2015).

Die bisherigen fachlichen Erkenntnisse, Annahmen und Anforderungen für die Wärmeeinleitung in das Grundwasser und die einzuhaltenden Temperaturgrenzen und Mindestabstände für Wärmeeinleitungen (u.a. VDI 4640; vgl. auch Kap. 3.2) konnten dadurch untermauert und bekräftigt werden. Demzufolge sind die bislang üblichen Anforderungen weiterhin erforderlich und angemessen.

Zusammenfassend sind v.a. folgende Auswirkungen bei Temperaturänderungen im Grundwasser festzustellen:

- Eine sensible Abhängigkeit von der Grundwassertemperatur besteht für die Löslichkeit von Gasen im Grundwasser.
- Eine sensible Abhängigkeit besteht weiterhin für die Grundwasserfauna.
- Wachstum, Vermehrung und Stoffwechsel der im Grundwasser lebenden Mikroorganismen sind an relativ enge Temperaturbereiche gebunden. Die bedeutende Wirkung der Mikroorganismen im Grundwasserleiter besteht im Abbau organischer Substanzen. Temperaturänderungen im Grundwasserleiter beeinflussen somit die biologische Aktivität der Mikroorganismen und die Zusammensetzung der Fauna.
- Für die meisten wassergetragenen bzw. wasserübertragbaren Krankheitserreger (Viren, Parasiten, Bakterien) gilt, dass ihre Überlebensdauer durch niedrige Temperaturen begünstigt wird. In diesem Zusammenhang ist somit eher die Kälteeinleitung zu bedenken. Ein erhöhtes Wachstum bei bakteriellen Erregern, bzw. eine zunehmende biologische Aktivität mit steigender Temperatur im Grundwasser im Bereich der natürlichen Amplitude (bzw. im Bereich der bislang zulässigen Temperaturerhöhung gemäß VDI 4640) setzt dagegen ein entsprechendes Nährstoffangebot im Grundwasser voraus, welches in tiefen bzw. nicht anthropogen belasteten Grundwasserleitern üblicherweise nicht gegeben ist. Im Einzelfall erhöhte DOC-Gehalte sind allerdings zu beachten.
- Der DOC-Gehalt ist daher im Voraus zu bestimmen. Bei organischer Belastung oder erhöhtem Risiko für Einträge organischer Stoffe in das Grundwasser muss der zulässige Temperaturbereich ggf. angepasst werden

Entsprechend dem natürlichen Temperaturschwankungsbereich des oberflächennahen Grundwassers kann bei Anlagen für die Wärme- und Kälteerzeugung eine maximal zulässige ganzjährige Amplitude von maximal 11° Kelvin im Kontaktgrundwasser toleriert werden. Entsprechend der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 darf die jeweilige Temperaturerhöhung somit in offenen Systemen maximal +6° und die Temperaturabsenkung maximal - 6 °C betragen. Die Wärme- bzw. Kälteeinleitung sollte im Falle der Direkteinleitung (Messung an der Einleitungsstelle im Schluckbrunnen) nicht größer als 20°C und nicht kleiner als ca. 5°C sein (vgl. Kap. 3.3.2).

Bei organisch belastetem Grundwasser (DOC-reiches Grundwasser), welches zu erhöhter mikrobiologischer Aktivität bei Temperaturerhöhung neigt, müssen den o.g. Erkenntnissen zufolge engere Grenzen an die zulässige Temperaturänderung, als gemäß VDI-Richtlinie zulässig wäre, formuliert werden. Dies sollte besonders in Siedlungsgebieten beachtet werden, in denen sich sowohl Temperaturfahnen aus Wärmepumpenanlagen zu Kühlungs Zwecken bzw. aus Sonnenkollektoren-gebundenen Wärmespeichern, als auch Kontaminationsquellen für organische Stoffe, Nährstoffe und Keimeinträge überlagern und während des Sommerhalbjahres in ihrer Wirkung aufsummieren können. In den weiteren Zonen von Trinkwasserschutzgebieten, soweit eine Zulassung im Einzelfall möglich ist, sollten in solchen Fällen ggf. größere Mindestabstände für Anlagen zur Wärmeeinleitung und –speicherung bzw. niedrigere Temperaturobergrenzen erwogen werden. Gleiches gilt im Bereich anderweitig zu schützender, verkeimungsanfälliger Grundwassereinzugsgebiete.

Eine ggf. notwendige Berechnung der Temperaturentbreitung muss nach den jeweils anerkannten Regeln der Technik (i.d.R. durch Planungsbüros mit ausgewiesener Fachkenntnis) erfolgen.

Zur wasserrechtlichen Beurteilung im Hinblick auf schädliche Grundwasserveränderungen durch Temperatureinleitung / Wärmefracht / Temperaturfahnen und Spitzenlastfälle können im Grundsatz dieselben Kriterien herangezogen werden, wie sie für die Feststellung von schädlichen Grundwasserveränderungen durch Punktquellen im vorsorgenden und nachsorgenden Grundwasserschutz üblich sind. Dies sind entsprechend den Empfehlungen der LAWA und LABO (LAWA/LABO 2006) Prüfkriterien hinsichtlich:

- Kleinräumigkeit der Fahne?
- Dauerhaftigkeit oder nur kurzzeitige Belastung?,
- Erheblichkeit der Fracht? / belastetes Grundwasservolumen?,
- Überschreitung eines Konzentrations-/Temperaturprüfwertes (vgl. Geringfügigkeitsschwellenwert),
- Schutzgutbetrachtung.

Als „Geringfügigkeitsschwelle“ (GFS: duldbarer Bereich einer anthropogenen Grundwasserveränderung) können für die Temperatur der oben genannte Schwankungsbereich sowie die Minimal- und Maximalwerte herangezogen werden, soweit durch Veränderung der Grundwassertemperatur innerhalb dieses Bereiches („bei Ausschöpfung der GFS“) keine Auswirkungen auf sensible Nutzungen oder Auswirkungen auf Schutzgüter bekannt bzw. zu besorgen sind. Die GFS ist von der Eintragsquelle ausgehend, am Ort der Beurteilung (Erreichen des Grundwassers), unter Berücksichtigung einer „Einmischungszone“ (Reichweite:

1 m) im Grundwasser einzuhalten (vgl. „Rührkesselmodell der LABO, erläutert in: LBEG, 2012).

Die Beurteilung sowie Modell- oder messtechnische Überprüfung kann auch für Wärme-/Kälteeinleitungen in Anlehnung an LBEG (2012) „Geoberichte 22 – Ermessensleitende Kriterien bei der Bearbeitung altlastbedingter Grundwassergefahren und -schäden“ erfolgen. Dazu sind innerhalb des Grundwasserleiters mehrere Kontrollebenen in dreidimensionaler Hinsicht zu betrachten:

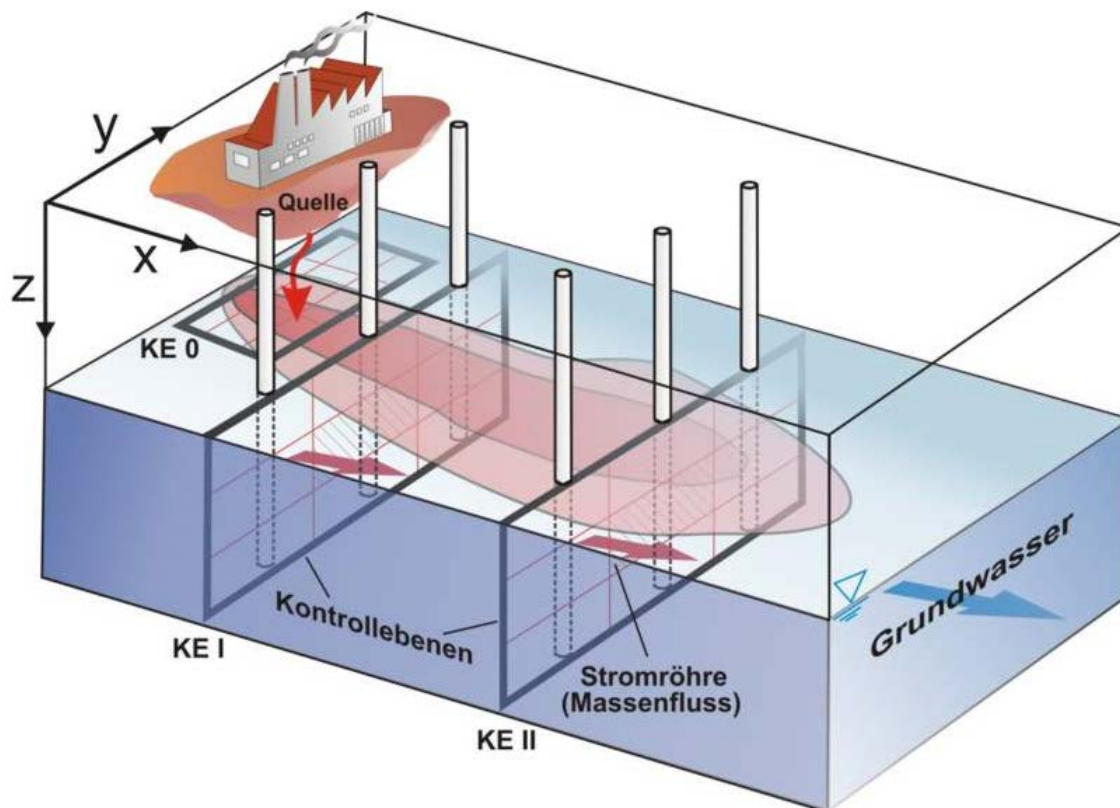


Abbildung 1: Kontrollebenen zur Ermittlung relevanter Schadstofffrachten (hier: Wärme- frachten), die zu mehr als kleinräumigen Veränderungen der Grundwasser- beschaffenheit (hier: Grundwassertemperatur) führen können (Titelbild Ge- oberichte 22, LBEG (2012); Quelle © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie)

8 Umwelt- und Arbeitsschutz bei der Errichtung von Erdwärmeanlagen

Generell müssen bei allen zur Errichtung von Anlagen zur Nutzung oberflächennaher Erdwärme durchgeführten Baumaßnahmen die im Bereich der Bauwirtschaft einschlägigen Normen und Richtlinien beachtet werden. Neben wasserwirtschaftlichen Anforderungen sind dies Anforderungen im Bereich des Abfallrechts, des Boden- und Naturschutzrechts, des Immissionsschutzrechts sowie die Bestimmungen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes.

Bei Bohrarbeiten wird in unmittelbarer Nähe zum offen gelegten Grundwasser mit wassergefährdenden Stoffen wie bspw. Motoren- und Hydrauliköl umgegangen. Sowohl aus Umwelt- wie auch aus Arbeitsschutzgründen kommt daher der einwandfreien Funktion der Bohrgeräte und dem sachgerechten Umgang mit bzw. dem Schutz vor wassergefährdenden Stoffen eine besondere Bedeutung zu. Bzgl. der Verwendung wassergefährdender Stoffe sind die in Kap. 6.2 beschriebenen Anforderungen zu beachten. Die eingesetzten Maschinen dürfen keine Undichtigkeiten (z.B. im Hydraulik- und Motorölkreislauf aufweisen). Ein Zutritt wassergefährdender Stoffe in das Grundwasser oder Erdreich ist in jedem Fall zu vermeiden. Generell sind bei Bohrarbeiten die in VDI 4640 Blatt 1 Punkt 8.4 und 9.1 beschriebenen Umweltaspekte zu berücksichtigen.

Der Unternehmer hat für den Havariefall immer in ausreichenden Menge Ölbindemittel und Auffangbehälter bereitzustellen. Im Schadensfall sind die Bereitschaften der Wasserbehörde unverzüglich zu benachrichtigen.

9 Literaturverzeichnis

Gesetze, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften

Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. April 2019 (BGBl. I S. 554) geändert worden ist

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)

Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die zuletzt durch Artikel 148 des Gesetzes vom 29. März 2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten - Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), zuletzt geändert durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465)

Lagerstättengesetz (LagerstG) in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 750-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 22 des Gesetzes vom 10. November 2001 (BGBl. I S. 2992)

Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2178, 2179; 2012 I S. 131), das durch Artikel 435 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474) geändert worden ist

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

Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen - Landeswassergesetz (LWG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. Juni 1995, neu gefasst durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. Juli 2016 (GV. NRW. S. 559), 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)

Technische Regeln

DIN 4124:2012-01 Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten. Berlin: Beuth-Verlag

DIN 4023:2006-02 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen. Berlin: Beuth-Verlag

DIN 8074:2011-12 Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 80, PE 100 - Maße. Berlin: Beuth-Verlag

DIN 8075:2011-12 Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 80, PE 100 - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen. Berlin: Beuth-Verlag

- DIN 8901:2002-12 Kälteanlagen und Wärmepumpen - Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser - Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen und Prüfung. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN 18130-1:1998-05 Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN 18301:2012-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Bohrarbeiten. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN 18302:2012-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Arbeiten zum Ausbau von Bohrungen. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN 54841-3:2000-07 Warneinrichtung aus Kunststoff für erdverlegte Kabel und Rohrleitungen - Teil 3: Detektierbares Trassenband. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN V 4279-7:1994-12 Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser - Druckrohre aus Polyethylen geringer Dichte PE-LD, Druckrohre aus Polyethylen hoher Dichte PE-HD (PE 80 und PE 100), Druckrohre aus vernetztem Polyethylen PE-X, Druckrohre aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid PVC-U. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN EN 10204:2005-01 Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN EN ISO 14688-1:2013-12 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002 + A1:2013. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN EN ISO 14688-2: 2011-06 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2004 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2004 + A1:2013. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN EN ISO 14689-1:2011-06 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1:2003); Deutsche Fassung EN ISO 14689-1:2003. Berlin: Beuth-Verlag
- DIN EN ISO 22475-1:2007-01 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2006. Berlin: Beuth-Verlag
- DVGW W 111:1997-03 Planung, Durchführung und Auswertung von Pumpversuchen bei der Wassererschließung. Beuth-Verlag
- DVGW W 115: 2008-07 Bohrungen zur Erkundung, Beobachtung und Gewinnung von Grundwasser. Beuth-Verlag
- DVGW W 116: 1998-04 Verwendung von Spülmittelzusätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwasser. Beuth-Verlag
- DVGW W 118:2005-07 Bemessung von Vertikalfilterbrunnen. Beuth-Verlag

- DVWG W 120-1: 2012-08 Qualifikationsanforderungen für die Bereiche Bohrtechnik, Brunnenbau, -regenerierung, -sanierung und -rückbau. Beuth-Verlag
- DVWG W 120-2: 2012-07 Qualifikationskriterien für die Bereiche Bohrtechnik und oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden). Beuth-Verlag
- DVWG W 122: 2013-08 Abschlussbauwerke für Brunnen der Wassergewinnung. Beuth-Verlag
- DVWG W 123:2001-09 Bau und Ausbau von Vertikalfilterbrunnen. Beuth-Verlag
- DVWG W 124:1998-11 Kontrollen und Abnahmen beim Bau von Vertikalfilterbrunnen. Beuth-Verlag
- DVWG W 125:2004-04 Brunnenbewirtschaftung - Betriebsführung von Wasserfassungen. Beuth-Verlag
- DVWG W 135:1998-11 Sanierung und Rückbau von Bohrungen, Grundwassermessstellen und Brunnen. Beuth-Verlag
- DWA-A 138: 2005-04 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Beuth-Verlag, Berlin
- DVS 2207-1: 2015-08: Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE. Berlin. Beuth-Verlag
- DVS 2208-1: 2007-03: Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Maschinen und Geräte für das Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln. Berlin. Beuth-Verlag
- SIA 384-6*SN 565384-6:2010 Erdwärmesonden. Winterthur (CH): SNV
- SKZ HR 3.26: 2011-02 Erdwärmesondenfüße, Rohre und Rohrleitungsteile aus Polyethylen PE 100 für Erdwärmeprodukte. Würzburg: SKZS
- VDI 4640 Blatt 1:2010-06 Thermische Nutzung des Untergrunds, Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Berlin. Beuth-Verlag
- VDI 4640 Blatt 2:2001-09 Thermische Nutzung des Untergrunds, Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. Berlin. Beuth-Verlag
- VDI 4640 Blatt 2 (Entwurf):2015-05 Thermische Nutzung des Untergrunds, Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. Berlin. Beuth-Verlag
- VDI 4640 Blatt 3:2001-06 Thermische Nutzung des Untergrunds, Unterirdische Thermische Energiespeicher. Berlin. Beuth-Verlag
- VDI 4640 Blatt 4:2004-09 Thermische Nutzung des Untergrunds, Direkte Nutzungen. Berlin. Beuth-Verlag

Literatur

- DGGT/DGG (Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. / Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften e.V., 2015): Empfehlung Oberflächennahe Geothermie - Planung, Bau, Betrieb und Überwachung - EA Geothermie. 300 S. Ernst & Sohn. Berlin
- UBA (Umweltbundesamt, 2015): Auswirkungen thermischer Veränderungen infolge der Nutzung oberflächennaher Geothermie auf die Beschaffenheit des Grundwassers und seiner Lebensgemeinschaften – Empfehlungen für eine umweltverträgliche Nutzung. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Forschungskennzahl 3710 23 204 UBA-FB 002090. TEXTE 54/2015
- BLA-GEO (Bund-/Länderarbeitsgruppe der Staatlichen Geologischen Dienste, 2011): Fachbericht zu bisher bekannten Auswirkungen geothermischer Vorhaben in den Bundesländern. Wiesbaden
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, 2004): Ableitung von Geringfügigkeits-schwellenwerten für das Grundwasser. Düsseldorf
- LAWA / LABO (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser / Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Boden 2006): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen. Mainz
- LANUV (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2015): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 4 – Geothermie. LANUV-Fachbericht 40. Recklinghausen
- LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, 2012): Ermessensleitende Kriterien bei der Bearbeitung altlastbedingter Grundwassergefahren und –schäden. Geoberichte 22. Hannover

Empfehlungen, Leitfäden, Informationsblätter

- BDH (Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V., 2011): Informationsblatt 43: Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren
- DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches, 2013): DVGW-Information zu Erdwärmenutzung in Einzugsgebieten von Trinkwassergewinnungsanlagen. Stand 23. Juli 2013
- DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches, 2012): Wärmeträgerfluide in der Geothermie: Exemplarische Gefährdungsabschätzung anhand von Strukturaufklärung, Abbaubarkeit und Toxizität. TZW, Karlsruhe, den 02.03.2012. Langfassung erhältlich bei der badenova AG & Co. KG
- DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches, 2011): Positionspapier: Erdwärmenutzung in Einzugsgebieten von Trinkwassergewinnungsanlagen
- Energie-Agentur NRW (2012): Wärmepumpenmarktplatz NRW - Planungsleitfaden Wärmepumpen. Düsseldorf
- Energie-Agentur NRW (2014): Geothermie – Erdwärme für Nordrhein-Westfalen.. Düsseldorf

- Geologischer Dienst NRW (2011): Geothermie in Nordrhein-Westfalen. Erkunden – Bewerten – Nutzen. Broschüre, Krefeld
- KRV (Kunststoffrohrverband, 2012): Einbauanleitung A 2361/8: Wärmetauschersysteme aus Polyolefinen für geothermische Anlagen, bestehend aus Rohren, Formstücken und Bauteilen. Kunststoffrohrverband e.V., Fachverband der Kunststoffrohr-Industrie
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, 2011): Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren. Dresden
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, 2019): Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren. Gotha
- 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 Bodenforschung (BLA-GEO) durch die Staatlichen Geologischen Dienste der Deutschen Bundesländer (SGD). Juni 2015

Leitfäden, Merkblätter und Erlasse der Landesverwaltungen anderer Bundesländer

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2012): Planung und Erstellung von Erdwärmesonden - Sole- oder wasserbetriebenen Erdwärmesonden für Wärmepumpenanlagen mit einer Heizleistung bis maximal 30 kW. Merkblatt Nr. 3.7/2. Augsburg
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V., München in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2012): Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern. 36 S., München
- Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, (2012): Leitfaden zur Erdwärmenutzung in Hamburg, Wärmegewinnung aus Erdwärmesonden und –kollektoren mit einer Heizleistung von max. 30 kW. 46 S., 4. Auflage
- Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2011): Leitfaden für Erdwärmepumpen (Erdwärmesonden) mit einer Heizleistung bis 30 kW - Erdwärmenutzung in Hessen, 41 S., 4. überarb. Auflage, Wiesbaden
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2014): Anforderungen des Gewässerschutzes an Erdwärmesonden. Erlass vom 21.03.2014 (StAnz. 17/2014 S.383)
- Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, (2012): Erdwärmenutzung in Sachsen-Anhalt, Informationsbroschüre zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden. 31 S.
- Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (2011): Leitfaden für oberflächennahe Erdwärmeanlagen. 56 S., Flintbek
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (2006): Leitfaden Erdwärmesonden in Mecklenburg-Vorpommern. Güstrow

- Landesverwaltungsamt Thüringen, (2013): Nutzung oberflächennaher Geothermie, Arbeits-
hilfe zur wasserrechtlichen Beurteilung. 37 S.
- Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucher-schutz Rheinland-Pfalz (2012): Leitfaden
zur Nutzung von Erdwärme mit Erdwärmesonden. 36 S., 5. Fortschreibung, Mainz
- Ministerium für Umwelt Saarland (2008): Leitfaden Erdwärmenutzung. 24 S., Saarbrücken
- Niedersächsisches Umweltministerium (2006): Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersach-
sen, 21 S., Hannover
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2011): Leitfaden zur Nut-
zung von Erdwärme mit Erdwärmesonden. 42 S., 4. Überarbeitete Auflage, Dresden
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin (2012): Leitfaden für Erdwärmesonden und
Erdwärmekollektoren mit einer Heizleistung bis 30 kW.- Erdwärmenutzung in Berlin. 11
S., Berlin
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2015): Leitlinien Qualitätssicherung (LQS EWS,
Stand September 2015
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2009): Leitfaden zur Nutzung der Erdwärme mit
Grundwasserwärmepumpen. Stuttgart
- [http://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-
um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/1_Leitfad-
en_Erdwaerme_Grundwasserwaermepumpen.pdf](http://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/1_Leitfad-en_Erdwaerme_Grundwasserwaermepumpen.pdf)
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2009): Arbeitshilfe zum Leitfaden zur Nutzung von
Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen für Ein- und Zweifamilienhäuser oder Anla-
gen mit Energieentzug bis zirka 45.000 kWh pro Jahr. Stand: Oktober 2009. Stuttgart
- [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-
um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Erneuerbare_Energien/Geothermie/4_Ar-
beitshilfe_zum_Leitfaden.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/5_Energie/Erneuerbare_Energien/Geothermie/4_Ar-beitshilfe_zum_Leitfaden.pdf)
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2008): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit
Erdwärmekollektoren. Stuttgart
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2005): Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit
Erdwärmesonden. 28 S., Stuttgart

Anhang 1

Hinweise für größere Erdwärmeanlagen

Erdwärmesonden

Anforderungen an die Planung

Gemäß VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 ist für größere Anlagen (i.d.R. Wärmepumpengesamtheizleistung > 30 kW), Anlagen mit mehr als 2400 projektierten Jahresarbeitsstunden oder bei einer größeren Zahl an Einzelanlagen die korrekte Anlagendimensionierung durch Berechnungen nachzuweisen. Hiermit ist auch eine Betrachtung der thermodynamischen Entwicklung im Untergrund unter Berücksichtigung der in der VDI-Richtlinie 4640 Blatt 2 Nr. 5 formulierten Grenzen der Temperaturänderung für den gesamten Betriebszeitraum, mindestens aber für die Dauer der wasserrechtlichen Erlaubnis (i.d.R. 25 Jahre), verbunden. Zur Verifizierung der spezifischen Randbedingungen für den jeweiligen Standort ist die Durchführung eines Thermal Response Testes (TRT) oder eine entsprechende Nachweisführung erforderlich. Weiterhin bestimmt die zuständige Wasserbehörde im Rahmen der Nebenbestimmungen zur wasserrechtlichen Erlaubnis, dass ein Nachweis der Vollständigkeit, Langzeit- und Temperaturbeständigkeit der Verpressung mittels geeigneter Prüfungen bzw. geophysikalischer Messungen erforderlich ist.

Mindestabstände

Bei größeren Anlagen / Sondenfeldern (Anlagen > 30 kW) sind die notwendigen Mindestabstände auf Basis standortspezifischer Berechnungen der Temperaturfelder (vgl. Kap. 4.4) unter Berücksichtigung der in Kap. 4.1.1 genannten Grundsätze für Anlagenbemessung und -betriebsweise zu ermitteln. Im Hinblick auf mögliche Temperaturveränderungen im Grundwasser sind dabei Grundwasserströmung und -fließrichtung zu berücksichtigen. Weiterhin bestimmt die Wasserbehörde im Rahmen der Nebenbestimmungen zur wasserrechtlichen Erlaubnis, dass die Überwachung der Grundwassertemperatur und der Auswirkungen im Grundwasser an Grundwassermessstellen erforderlich ist.

Grundwasserwärmepumpen

Anforderungen an die Planung

Bei größeren Anlagen (die über den Bedarf eines Ein- oder Zweifamilienhauses hinausgehen) oder in besonderen Fällen sind die hydraulischen und thermischen Auswirkungen durch geeignete Modellrechnungen zu ermitteln. Weiterhin bestimmt die Wasserbehörde im Rahmen der Nebenbestimmungen zur wasserrechtlichen Erlaubnis, dass die Überwachung der Grundwassertemperatur und der Auswirkungen im Grundwasser an Grundwassermessstellen erforderlich ist.

Anlagen mit Wärmespeicherung / Wärmeeinleitung

Erlaubnisverfahren / Beteiligung Bergbehörde

Bei größeren Anlagen, bei denen die Kühlleistung bzw. Wärmespeicherung über den Bedarf eines Ein- oder Zweifamilienhauses hinausgeht, ist zusätzlich zur wasserrechtlichen Prüfung in der Regel die Bergbehörde zu beteiligen. Sind Beeinflussungen möglicher geothermischer Nutzungen auf Nachbargrundstücke nicht auszuschließen, oder sollen Baulichkeiten auf anderen oder mehreren Grundstücken versorgt werden ohne dass ein unmittelbarer räumlicher oder betrieblicher Zusammenhang der versorgten Gebäude besteht, oder ist das Ziel der Gewinnung die Erzeugung von Strom und die Einspeisung in die allgemeinen Versorgungsnetze, entscheidet die Bergbehörde über das Erfordernis eines bergrechtlichen Betriebsplans (vgl. Kap. 2.3).

Mittel- bis Hochtemperaturspeicher

Auswirkungen und Zulässigkeit von Mittel- bis Hochtemperaturspeichern im Untergrund müssen in jedem Einzelfall geprüft werden. Grundsätzlich sind dabei die Anforderungen zur Vermeidung nachteiliger Veränderungen der Gewässereigenschaften entsprechend § 5 Abs. 1 Nr.1 und § 9 Abs. 2 Nr.2 i.V. mit § 12 Abs. 1 Nr. 1 WHG zu Grunde zu legen. Bei der Beurteilung nachteiliger Auswirkungen sind generell die im jeweiligen Grundwasserleiter aufgrund der geothermischen Tiefenstufe vorherrschenden Temperaturbedingungen zu berücksichtigen. Mittel- bis Hochtemperaturspeicher im obersten Grundwasserstockwerk (mit vorherrschenden Temperaturen zwischen 5 und 16 °C) sind daher in der Regel nicht vertretbar. Auch bei Prüfungen zu Anlagen in tieferen Grundwasserstockwerken müssen der besondere Schutz der Trinkwasserversorgung gemäß §§ 52 und 53 WHG sowie generell mögliche Beeinträchtigungen vorhandener GW-Nutzungen, z.B. Heil-, Mineral-/Thermal-/Brauchwasserbrunnen beachtet werden.

Anforderungen an die Einleitung von Wärme / Warmwasser in den Untergrund

Im Zuge der Anlagenplanung ist hat der Antragsteller bzw. ein durch ihn beauftragtes Fachgutachten mittels geeigneter Berechnung (bspw. numerisches Grundwassermodell) nachzuweisen, dass die von der Wasserbehörde (s.o.) vorgegebenen Temperaturgrenzwerte im Bereich des Kontaktgrundwassers eingehalten und eine Beeinträchtigung möglicher geothermischer Nutzungen auf Nachbargrundstücken nicht zu besorgen ist. Dazu ist im Rahmen der Planung eine Berechnung des Temperaturfeldes (Ermittlung der Wärmefracht, Wärmeausbreitung und des Abklingverhaltens) unter Berücksichtigung von Spitzenlastfällen erforderlich. Für die spätere Überprüfung an Messstellen sind Kontrollebenen (3-dimensionales Modell, vgl. Abb. 1, Kap. 7.2) zu definieren und nach Vorgabe des Erlaubnisbescheides entsprechende Messstellen einzurichten.

Weiterhin ist für größere Anlagen, die den Bedarf zur Kühlung oder Wärmespeicherung eines Ein- oder Zweifamilienhauses übersteigen, eine Temperaturüberwachung im Grundwasser (Zustrom und Abstrom des Anlagengrundstückes) zu fordern. Alternativ oder ergänzend dazu kann bei großen Erdwärmesondenanlagen festgelegt werden, dass eine kontinuierliche Erfassung der Temperatur in der Sonde (Tiefenprofil) durch geophysikalische Bohrlochmessungen und kontinuierliches Auslesen und Auswerten der Daten mittels Datenlogger erfolgt.

Anlagenhersteller von Großanlagen / Sondenfeldern nutzen bzw. empfehlen diese Möglichkeiten auch zur Qualitätsüberwachung bei der Auslegung, beim Bau und beim Betrieb von Erdwärmesonden um einen effizienten Betrieb über die gesamte Betriebszeit der Anlage zu gewährleisten. Möglich sind Messungen der natürlichen Gammastrahlung (GR) und der Temperatur, mit denen wesentliche Forderungen nach einer Qualitätssicherung und Qualitätsüberwachung erfüllt werden können. Messtechnische Grundlage sind eine speziell entwickelte miniaturisierte Gamma-Sonde und die faseroptische Temperatursensorik, die sich für die Temperaturmessung in Erdwärmesonden eignet. Die Messung kann mittels thermischer Response Tests (TRT) erfolgen. Voraussetzung ist, dass entsprechende Sensoren und Messtechnik von Anfang an eingeplant werden.

Anforderungen an das Material

Bei größeren Anlagen, bei denen die Kühlleistung bzw. Wärmespeicherung über den Bedarf eines Ein- oder Zweifamilienhauses hinausgeht, können innerhalb von Wärmespeichern auch Temperaturen $> 40^{\circ}\text{C}$ auftreten. Dies setzt voraus, dass die Temperaturveränderung der Umgebung in den zulässigen Grenzen (vgl. Kap. 4.4.2) bleibt. Für solche Anlagen wird für das Material PE-Xa mit erhöhter Lebensdauer empfohlen. Generell sind die Angaben der Hersteller zum Anwendungsbereich zu beachten.

Anhang 2

Altbergbau im tagesnahen und oberflächennahen Bereich

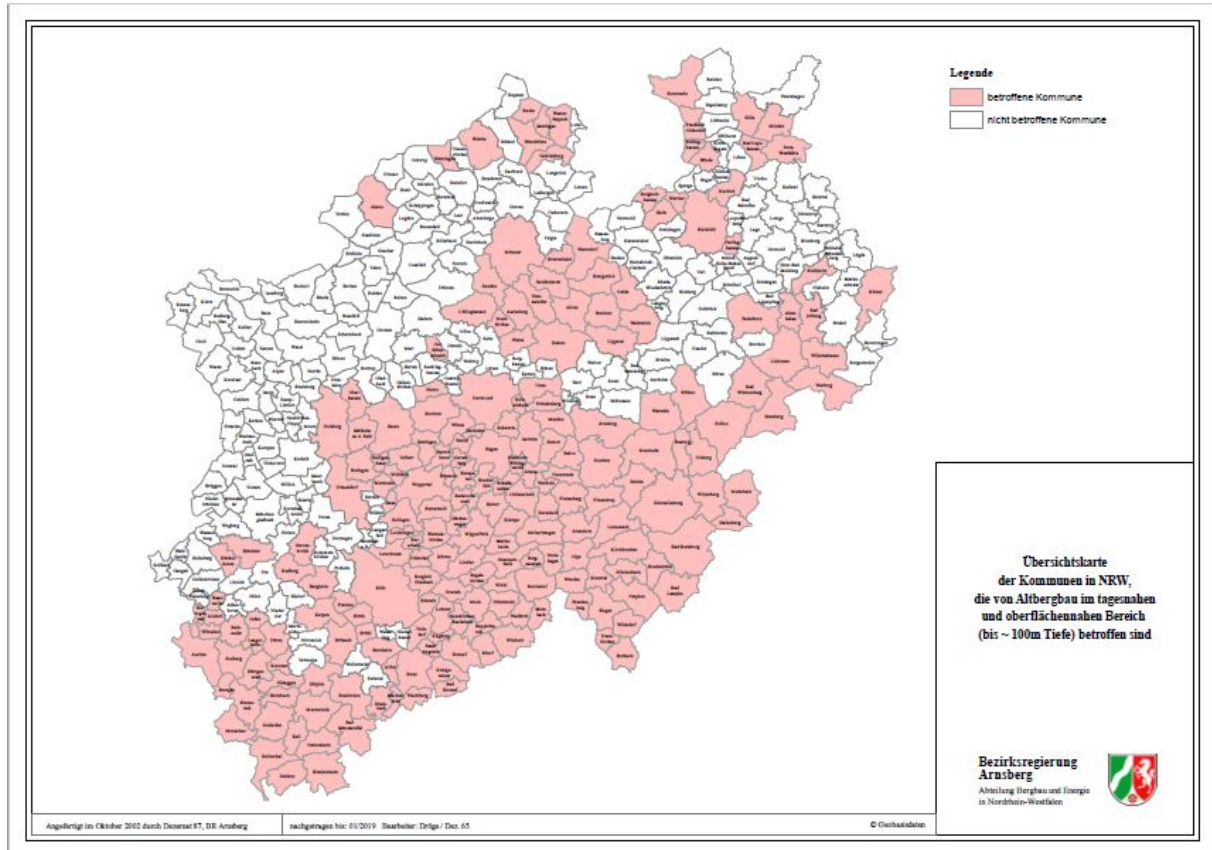


Abbildung 2: Karte der Bezirksregierung Arnsberg zur Betroffenheit der Kommunen in NRW von Altbergbau im tagesnahen und oberflächennahen Bereich
Kartengrundlage: Land NRW (2019): Datenlizenz Deutschland - Namensnennung - Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0)

Anhang 3

Information zum Differenzdruck (Überdruck von außen nach innen) am Erdwärmesondenfuß

EWS-Länge	Dichte der Hinterfüllung				
	1200 kg/m ³	1400 kg/m ³	1600 kg/m ³	1800 kg/m ³	2000 kg/m ³
40 m	0,8 bar	1,6 bar	2,4 bar	3,1 bar	3,9 bar
60 m	1,2 bar	2,4 bar	3,5 bar	4,7 bar	5,9 bar
80 m	1,6 bar	3,1 bar	4,7 bar	6,3 bar	7,8 bar
100 m	2,0 bar	3,9 bar	5,9 bar	7,8 bar	9,8 bar
120 m	2,4 bar	4,7 bar	7,1 bar	9,4 bar	11,8 bar
140 m	2,7 bar	5,5 bar	8,2 bar	11,0 bar	13,7 bar
160 m	3,1 bar	6,3 bar	9,4 bar	12,6 bar	15,7 bar
180 m	3,5 bar	7,1 bar	10,6 bar	14,1 bar	17,7 bar
200 m	3,9 bar	7,8 bar	11,8 bar	15,7 bar	19,6 bar
220 m	4,3 bar	8,6 bar	12,9 bar	17,3 bar	21,6 bar
240 m	4,7 bar	9,4 bar	14,1 bar	18,8 bar	23,5 bar
260 m	5,1 bar	10,2 bar	15,3 bar	20,4 bar	25,5 bar
280 m	5,5 bar	11,0 bar	16,5 bar	22,0 bar	27,5 bar
300 m	5,9 bar	11,8 bar	17,7 bar	23,5 bar	29,4 bar
320 m	6,3 bar	12,6 bar	18,8 bar	25,1 bar	31,4 bar
340 m	6,7 bar	13,3 bar	20,0 bar	26,7 bar	33,4 bar
360 m	7,1 bar	14,1 bar	21,2 bar	28,3 bar	35,3 bar
380 m	7,5 bar	14,9 bar	22,4 bar	29,8 bar	37,3 bar
400 m	7,8 bar	15,7 bar	23,5 bar	31,4 bar	39,2 bar



Einbau der EWS ohne Vorbehalt



EWS können nur hinterfüllt werden, wenn der Kopf dicht verschlossen ist. Die Druckprüfung kann erst erfolgen, wenn die Hinterfüllung eine Mindestfestigkeit erreicht hat.



Es können keine PE100-SDR-11-Erdwärmesonden mehr eingebaut werden, da der Kopfdruck bei verschlossenen Erdwärmesonden den kurzfristig maximal zulässigen Druck von 21 bar überschreitet.

Abbildung 3: Differenzdruck (Überdruck von außen nach innen) am Erdwärmesondenfuß in Abhängigkeit der Dichte des Verpressmaterials (Hinterfüllung) und EWS-Länge (Tiefe) bei wassergefüllten Erdwärmesonden. Quelle: SIA (2010)

Anhang 4

Als Wärmeträger zugelassene Mittel nach Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren

Tabelle 3: Nicht wassergefährdende Wärmeträgermedien (nach LAWA 2019)

Produktname	Hersteller	Stoff
R 744	diverse	Kohlendioxid CO ₂
R 290	diverse	Propan
R 1270	diverse	Propen

Tabelle 4: Wassergefährdende Wärmeträgermedien und deren prozentuale Anteile an WGK 1-, WGK 2- und WGK 3-Stoffen.

Tabelle 4 kann von der Internetseite der LAWA heruntergeladen werden. Sie wird dort in regelmäßigen Abständen aktualisiert.

<http://www.lawa.de/Publikationen-Veroeffentlichungen-nach-Sachgebieten-Wasserversorgung,-Abwasserentsorgung,-Wassergefaehrdung.html>

Landesamt für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10
45659 Recklinghausen
Telefon 02361 305-0
poststelle@lanuv.nrw.de

www.lanuv.nrw.de