

GeoBerichte 24

LANDESAMT FÜR
BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE



Niedersächsisches Ministerium
für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz



Leitfaden Erdwärmennutzung in Niedersachsen

Rechtliche und technische Grundlagen
für erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen



Niedersachsen



GeoBerichte 24

Landesamt für
Bergbau, Energie und Geologie

Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen

Rechtliche und technische Grundlagen für
erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

HOLGER JENSEN, SANDRA PESTER,
ROBERT SCHÖNER, CARSTEN DUBE,
ULRIKE LIPKOW, ANTJE HAUSE,
MARTIN DUDDEK & KERSTIN FISCHER

Hannover 2022

Impressum

Herausgeber: © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Stilleweg 2
30655 Hannover
Tel. (0511) 643-0
Fax (0511) 643-2304

Download unter www.lbeg.niedersachsen.de

3. Auflage (2. Auflage als GeoBericht).

Diese neue, grundlegend überarbeitete Auflage basiert auf:
AST, M., ECKL, H., ELBRACHT, J., FISCHER, K., FRITZ, J., HENKE-JELIT, S.,
JENSEN, H., PESTER, S. & SBRESNY, J. (2012): Leitfaden Erdwärmenutzung in
Niedersachsen. Rechtliche und technische Grundlagen. – GeoBerichte **24**:
59 S., 11 Abb., 3 Tab., 5 Anh.; Hannover (LBEG).

Version: 11.04.2022

Redaktion: Ricarda Nettelmann
Mail: bodenkundlicheberatung@lbeg.niedersachsen.de

Titelbild: Karte „Nutzungsbedingungen oberflächennaher Geothermie“ des LBEG mit
Sondenfuß einer Erdwärmesonde und Literatur (Foto: S. Pester).

ISSN 1864–6891 (Print)

ISSN 1864–7529 (digital)

DOI 10.48476/geober_24_2022

GeoBer.	24	S. 3 – 85	8 Abb.	1 Tab.	8 Anh.	Hannover 2022
---------	----	-----------	--------	--------	--------	---------------

Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen

Rechtliche und technische Grundlagen für erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

HOLGER JENSEN, SANDRA PESTER, ROBERT SCHÖNER, CARSTEN DUBE, ULRIKE LIPKOW, ANTJE HAUSE, MARTIN DUDDEK & KERSTIN FISCHER

Kurzfassung

Bei dem vorliegenden Leitfaden handelt es sich um eine neue, grundlegend überarbeitete Auflage des Leitfadens aus dem Jahr 2012 (AST et al. 2012). Er richtet sich an Planungsbüros, Bauende, Fachfirmen wie Bohrunternehmen und Heizungsbauer und an die Zulassungsbehörden, die im Bereich der oberflächennahen Geothermie (Erschließungstiefe bis 400 m) tätig sind.

Schwerpunkt dieses Leitfadens sind die fachlichen und rechtlichen Voraussetzungen für die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder Erdwärmepumpensystemen zum Entzug von Wärme aus dem Boden bzw. aus dem Grundwasser sowie den Eintrag von Wärme. Er erläutert die technischen und fachlichen Grundlagen sowie das Anzeige- oder Erlaubnisverfahren bei den Unteren Wasserbehörden. In den Anhängen sind Anforderungen an den Bau von Erdwärmepumpenanlagen, eine Übersicht über den Verfahrensablauf zur Errichtung der unterschiedlichen Erdwärmepumpenanlagen, Anforderungen an einen Bericht zur Anlagenüberwachung, Protokollformulare und ein Musterleistungsverzeichnis für die Erstellung von Erdwärmesonden beigefügt.

Der Leitfaden beschreibt, welchen Einfluss geologische und wasserwirtschaftliche Bedingungen in Niedersachsen auf die Erdwärmenutzung haben. Dabei ist Niedersachsen in Gebiete klassifiziert, in denen entweder keine Einschränkungen für die oberflächennahe Erdwärmenutzung bekannt sind, in denen Einschränkungen bekannt sind, oder in denen die Erdwärmenutzung als unzulässig zu bewerten ist. Der Leitfaden dient als fachliche Handreichung für Entscheidungen, die in den einzelnen Zulassungs- oder Anzeigeverfahren von den Unteren Wasserbehörden verbindlich zu treffen sind. Hierdurch wird auf landesweit einheitliche Standards hingewirkt.

Inhalt

Vorwort	6
1. Einleitung	7
2. Technische Grundlagen	7
2.1. Funktionsprinzip erdgekoppelter Wärmepumpenanlagen	7
2.2. Die Erde als Wärmequelle	9
2.3. Technologie zur Gewinnung oberflächennaher Erdwärme	11
2.3.1. Überblick über Systeme zur Erdwärmegewinnung.....	11
2.3.2. Erdwärmesonden.....	11
2.3.3. Erdwärmekollektoren	14
2.3.4. Erdwärmeebrunnensysteme	16
2.3.5. Thermisch aktivierte Gründungsbauteile	18
3. Rechtliche Grundlagen	19
3.1. Überblick	19
3.2. Bergrecht.....	20
3.2.1. Allgemeine Regelungen zum Bergrecht	20
3.2.2. Erlaubnispflicht/Bewilligungspflicht für Aufsuchung/Förderung von Erdwärme.....	20
3.2.3. Betriebsplan	20
3.3. Geologiedatengesetz (GeolDG).....	20
3.4. Wasserrecht.....	21
3.4.1. Allgemeine Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	21
3.4.2. Vorschriften in Schutzgebieten	22
3.4.3. Vorschriften zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen – § 62 WHG und AwSV	23
3.5. Standortauswahlgesetz.....	24
3.6. Weitere regelungsrelevante Richtlinien	24
4. Errichtung und Betrieb von Erdwärmegewinnungsanlagen $\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ (geschlossene Systeme)	24
4.1. Abgrenzung der Anlagenkategorie	24
4.2. Verfahrensablauf.....	24
4.2.1. Verfahrensschritte von der Planung bis zur Errichtung einer Erdwärmeanlage $\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$	24
4.2.2. Verfahrensablauf Erdwärmesondensysteme.....	28
4.2.3. Verfahrensablauf Erdwärmekollektorsysteme	28
4.2.4. Verfahrensablauf für thermisch aktivierte Gründungsbauteile.....	28
5. Errichtung und Betrieb von Erdwärmegewinnungsanlagen $> 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ (geschlossene Systeme)	29
5.1. Abgrenzung der Anlagenkategorie	29
5.1.1. Definition der Anlagenkategorie.....	29
5.1.2. Anlagenkategorie Erdwärmesondenfelder.....	29
5.1.3. Anlagenkategorie Erdwärmekollektorfelder	29
5.2. Verfahrensablauf Erdwärmesondenfelder	30
5.2.1. Verfahrensschritte von der Planung bis zur Errichtung eines Erdwärmesondenfeldes.....	30
5.2.2. Erforderliche Unterlagen	31
5.2.3. Anlagenüberwachung in der Betriebsphase (Monitoring).....	32
5.3. Verfahrensablauf Erdwärmekollektorfelder.....	33
5.3.1. Verfahrensschritte von der Planung bis zur Errichtung eines Erdwärmekollektorfeldes	33
5.3.2. Erforderliche Unterlagen	33
5.3.3. Anlagenüberwachung in der Betriebsphase (Monitoring).....	34

6.	Geologische und wasserwirtschaftliche Standortfaktoren (geschlossene Systeme)	35
6.1.	Standortfaktoren für Erdwärmesondensysteme.....	35
6.1.1.	Einfluss der Standortfaktoren auf die wasserrechtliche Beurteilung.....	35
6.1.2.	Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete	35
6.1.3.	Trinkwasserschutzgebiet im Verfahren.....	37
6.1.4.	Vorranggebiet Trinkwassergewinnung gemäß LROP, Trinkwassergewinnungsgebiete....	38
6.1.5.	Gefährdungsbereich durch artesische Grundwasserverhältnisse	38
6.1.6.	Gefährdungsbereich durch Erdfälle	39
6.1.7.	Gefährdungsbereich durch Bergbau und Kohlenwasserstoff-Lagerstätten oder -Speicher	39
6.1.8.	Salzstockhochlage	40
6.1.9.	Gefährdungsbereich durch Sulfatgesteinsverbreitung.....	41
6.1.10.	Festgesteinsverbreitung mit möglichem Grundwasserstockwerksbau.....	41
6.1.11.	Grundwasserversalzung	42
6.1.12.	Hoch durchlässige Fest- und Lockergesteine.....	42
6.1.13.	Gasvorkommen (z. B. Kohlenstoffdioxid, Methan, Schwefelwasserstoff).....	42
6.1.14.	Trinkwasserbrunnen, Notversorgungsbrunnen, Brunnen der Lebensmittelindustrie.....	43
6.1.15.	Brunnen der Mineralwassergewinnung.....	44
6.2.	Standortfaktoren für Erdwärmekollektorsysteme	44
6.2.1.	Einfluss der Standortfaktoren auf die wasserrechtliche Beurteilung.....	44
6.2.2.	Grundwasserflurabstand < 2 m und < 5 m.....	45
6.2.3.	Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete	45
6.2.4.	Trinkwasserschutzgebiet im Verfahren.....	46
6.2.5.	Vorranggebiet Trinkwassergewinnung gemäß LROP, Trinkwassergewinnungsgebiete...	47
6.2.6.	Gefährdungsbereich durch Erdfälle	47
6.2.7.	Trinkwasserbrunnen, Notversorgungsbrunnen, Brunnen der Lebensmittelindustrie.....	48
6.2.8.	Brunnen der Mineralwassergewinnung.....	48
7.	Errichtung und Betrieb von Erdwärmebrunnensystemen (offene Systeme).....	49
7.1.	Verfahrensablauf.....	49
7.2.	Anforderungen an den Bau und Betrieb von Erdwärmebrunnensystemen	50
8.	Geologische und wasserwirtschaftliche Standortfaktoren (offene Systeme)	51
9.	Literaturverzeichnis	53
9.1.	Gesetze, Verordnungen	53
9.2.	Richtlinien, Regelwerke.....	53
9.3.	Zitierte Literatur	55
9.4.	Links	56
	Anhang	57
	Anhang 1a: Allgemeine Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb einer Erdwärmesondenanlage (empfohlene Nebenbestimmungen)	57
	Anhang 1b: Allgemeine Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb einer Erdwärmekollektoranlage (empfohlene Nebenbestimmungen).....	64
	Anhang 2: Verfahrensablauf zur Errichtung von Erdwärmeanlagen.....	67
	Anhang 3: Anforderungen an einen Bericht zur Anlagenüberwachung (Monitoringbericht)	68
	Anhang 4: Musterleistungsverzeichnis für die Erstellung von Erdwärmesonden	70
	Anhang 5a: Bauprotokoll für Erdwärmesonden	75
	Anhang 5b: Anlageninstallationsprotokoll / Prüfprotokoll für Erdwärmesondenanlagen	76
	Anhang 6a: Bauprotokoll für Erdwärmekollektoren	77
	Anhang 6b: Anlageninstallationsprotokoll / Prüfprotokoll für Erdwärmekollektoranlagen...	78
	Anhang 7a: Bauprotokoll für Erdwärmebrunnensysteme	79
	Anhang 7b: Anlageninstallationsprotokoll / Prüfprotokoll für Erdwärmebrunnenanlagen...	80
	Anhang 8: Adressen der Unteren Wasserbehörden.....	81

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

um das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu erreichen, muss sich noch eine Menge verändern – wobei wir an vielen Stellen schon gut unterwegs sind.

Einer der Schlüssel zur so genannten „Wärmewende“ kann die oberflächennahe Geothermie sein. Die Verfügbarkeit von Untergrundinformationen am Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) als Basis einer zuverlässigen Planung für Geothermievorhaben sowie die landeseinheitliche, klar strukturierte Regelungspraxis bilden eine gute Grundlage. Im LBEG ist seit Juli 2019 der Niedersächsische Geothermiedienst (NGD) für Beratung und Datenbereitstellung im Bereich Geothermie zuständig.

Der hier aktuell vorliegende Leitfaden für Erdwärmennutzung in Niedersachsen ist in einer Kooperation des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz und des LBEG entstanden. Durch das Zusammenwirken von Fachbehörde und wasserrechtlicher Genehmigungsbehörde deckt dieser Leitfaden die fachlichen und rechtlichen Voraussetzungen für die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren oder Erdwärmepumpensystemen zum Entzug von Wärme aus dem Boden bzw. aus dem Grundwasser sowie das Einbringen von Wärme ab.

Der Ausstieg aus fossilen Energien ist nur mit erneuerbarer Wärmeenergie, z. B. über Wärmepumpen, möglich. Aus dem „Randspieler“ entwickelt sich die Wärmepumpe derzeit zum dominanten Faktor bei der Beheizung von Gebäudeneubauten. Hierbei stellen innerhalb der Wärmepumpentechnologien die erdgekoppelten Systeme die effizienteste Technologie der Energiebereitstellung dar. Dies zeigt sich in Niedersachsen besonders deutlich im wachsenden Marktsegment der Anlagen größer 30 kW_{th}. Die Intensivierung zur Verbreitung der Technologie bedarf vorausschauender Regelungen, um sich abzeichnende Nutzungskonflikte im Untergrund zu vermeiden. Hier ist bei intelligenter Planung ein Nebeneinander von Grundwassernutzungen, z. B. als Trinkwasserressource und energetischer Nutzung, möglich. Die Rahmenbedingungen für diese Technologie sind in Niedersachsen, unter anderem durch das hohe Windstromangebot als Stromlieferant für die Wärmepumpen, als günstig einzuschätzen.

Um die Wechselwirkung von geothermischen Anlagen untereinander bei zunehmender Verdichtung zu berücksichtigen, ist in der Raumplanung die zukünftige Energieversorgung der Gebäude vorausschauend zu planen. Der Untergrund bietet uns ein nahezu unerschöpfliches Potenzial als Energiequelle. Lassen Sie uns diese Chance nutzen und eine nachhaltige, langfristige, klimaneutrale Gebäudeklimatisierung mit Geothermie angehen.

Carsten Mühlenmeier

Präsident LBEG



1. Einleitung

Bei dem vorliegenden Leitfaden handelt es sich um eine neue, grundlegend überarbeitete und erweiterte Fassung, basierend auf der ersten Auflage (AST et al. 2012). Er richtet sich an all jene, die mit der Planung, der Zulassung, dem Bau, dem Betrieb und der Überwachung oberflächennaher Erdwärmeanlagen in Niedersachsen befasst sind. Insbesondere sind dies Bauende, Architektur- und Planungsbüros, Hausbauunternehmen, Bohrunternehmen, Fachfirmen der Heizungs- und Klimatechnik sowie Behörden. Unter oberflächennahen Erdwärme- oder Geothermieanlagen werden dabei Systeme zur Nutzung der im Untergrund gespeicherten Wärme bis in 400 m Tiefe verstanden. Die energetische Nutzung dieser Wärme erfordert in aller Regel eine Wärmepumpe, um die natürliche Untergrundtemperatur auf ein Heiztemperaturniveau zu heben. Oberflächennahe Erdwärmeanlagen werden in erster Linie zur Beheizung und Klimatisierung von Gebäuden verwendet. Darüber hinaus gibt es zahlreiche weitere Einsatzmöglichkeiten, wie beispielsweise die Speicherung von Wärme und Kälte, die Temperierung von Fahrbahnen, Brücken, Schienen und Bahnhöfen oder die Kühlung von Rechenzentren.

Der vorliegende Leitfaden erläutert zunächst die technischen Grundlagen. Das Kapitel 2 richtet sich in erster Linie an interessierte Bürgerinnen und Bürger, die sich mit dieser Technologie vertraut machen möchten. Das anschließende Kapitel 3 umreißt den rechtlichen Rahmen der Erdwärmenutzung mit erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen. Zielgruppe sind hier überwiegend die Wasserbehörden, Antragstellerinnen und Antragsteller sowie die in die Antragstellung eingebundenen Fachfirmen. In den beiden folgenden Kapiteln 4 und 5 wird der Ablauf des Anzeige- oder Erlaubnisverfahrens von geschlossenen Systemen (Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren) Schritt für Schritt dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen Anlagen mit einer thermischen Leistung bis 30 kW_{th}, wie sie typischerweise zur Beheizung von privaten Wohngebäuden genutzt werden, und Anlagen

über 30 kW_{th}, die überwiegend im Bereich gewerblich und öffentlich genutzter Gebäude Anwendung finden. Weiterfolgend werden in Kapitel 6 die Anforderungen und Einschränkungen beschrieben, die geologische Verhältnisse in Niedersachsen für den Bau und Betrieb von Erdwärmeanlagen mit sich bringen, und es wird dargestellt, nach welchen Kriterien Standorte im Rahmen des Anzeige- oder Erlaubnisverfahrens beurteilt werden. Im letzten Kapitel 7 werden offene Systeme (Erdwärmeebrunnen) näher betrachtet. Diese unterliegen, durch die Bauart bedingt, anderen Anforderungen sowohl in der technischen Planung als auch im Zulassungsprozess.

Die im Anhang des Leitfadens beigefügten Verzeichnisse und Formulare fassen die allgemeinen Anforderungen an Errichtung und Betrieb von Erdwärmeanlagen zusammen und geben Hilfestellungen für die Zusammenstellung der erforderlichen Antrags-, Auftrags- und Dokumentationsunterlagen.

Der Leitfaden ist über die Internetseite des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie¹ frei verfügbar. In diesem Leitfaden wird Bezug zu den Karten „Nutzungsbedingungen oberflächennahe Geothermie in Niedersachsen 1 : 500.000“ auf dem frei zugänglichen NIBIS®-Kartenserver des LBEG² genommen. Weitere Informationen zu den geologischen Verhältnissen und deren Bedeutung für die oberflächennahe Erdwärmenutzung sind ebenfalls dem NIBIS®-Kartenserver zu entnehmen.

2. Technische Grundlagen

2.1. Funktionsprinzip erdgekoppelter Wärmepumpenanlagen

Eine Erdwärmeanlage besteht typischerweise aus drei in sich geschlossenen Wirkkreisen, der Wärmequelle (Erdwärme), der Wärmepumpe und der Wärmesenke (Heizkreis). Das Funktionsprinzip einer Erdwärmeanlage ist in Abbildung 1 dargestellt.

¹ www.lbeg.niedersachsen.de

² <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>

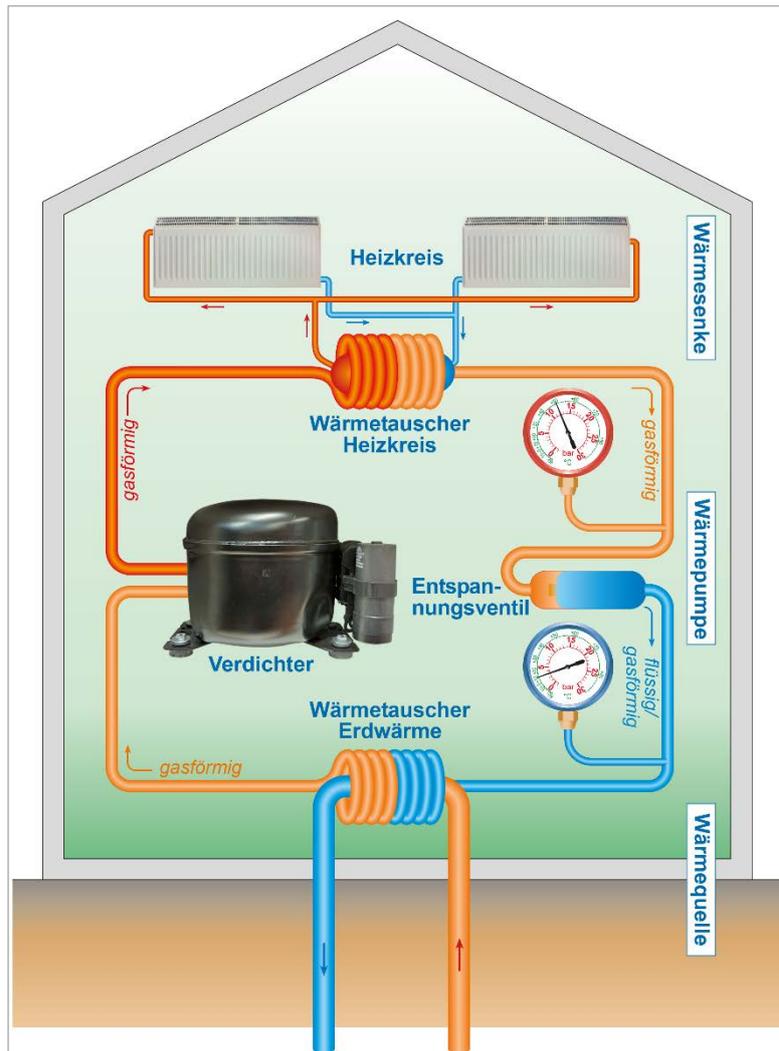


Abb. 1: Funktionsprinzip einer erdgekoppelten Wärmepumpenanlage.

Die Wärmequelle liefert hierbei den natürlichen Wärmeanteil aus dem Erdreich. Die gewonnene Erdwärme wird an einem Wärmetauscher, dem so genannten Verdampfer, auf ein in der Wärmepumpe befindliches, kaltes Arbeitsmittel übertragen. Dieses Arbeitsmittel, das im allgemeinen Sprachgebrauch als „Kältemittel“ bezeichnet wird, besitzt die Eigenschaft, bei geringer Wärmezufuhr zu siedeln und vollständig zu verdampfen. Der erzeugte Kältemitteldampf wird von einem Verdichter angesaugt und durch einen Verdichtungsprozess auf ein höheres Druckniveau angehoben, welches auch ein höheres Temperaturniveau zur Folge hat. Das heiße Kältemittel gibt im nächsten Schritt einen

Großteil seiner Wärme an einem zweiten Wärmetauscher an die kühlere Wärmesenke, den Heizkreis, ab. Der Heizungsrücklauf wird auf diese Weise auf die zur Beheizung des Gebäudes benötigte Temperatur angehoben, und die Wärme kann dem Heizungssystem zugeführt und genutzt werden. Das nun teilweise abgekühlte Kältemittel der Wärmepumpe wird über ein Entspannungsventil auf ein niedriges Druckniveau gebracht, was weiterhin eine Reduktion der Temperatur im Kältemittel zur Folge hat.

Das Haupteinsatzgebiet der Wärmepumpe liegt in der Bereitstellung von Heizwärme, das heißt, in der Bereitstellung eines Wärmestromes, der groß genug ist, um die Wärmeverluste durch die Lüftung und die Außenwände des jeweiligen

Gebäudes auszugleichen und damit die gewünschte Raumtemperatur aufrechtzuerhalten. Neben der Möglichkeit der Beheizung von Gebäuden kann über diese Technologie ein Gebäude auch gekühlt werden. Dabei fungiert das Gebäude als Wärmequelle und der Untergrund als Wärmesenke. In der Regel wird die Wärme des Gebäudes ohne Einsatz der Wärmepumpe direkt mittels Wärmetauscher an den Untergrund übertragen (passive Kühlung). Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit einer aktiven Kühlung, bei der die Wärmepumpe aktiv mitarbeitet. Diese Wärmezufuhr unterstützt die Regenerierung des Untergrundes.

Bei einer Wärmepumpe wird das Verhältnis von gelieferter Wärmeenergie und elektrischem Energiebedarf der Wärmepumpe einschließlich aller zusätzlich für die Wärmepumpe benötigten elektrischen Verbraucher als Jahresarbeitszahl (JAZ) bezeichnet. Sie gibt Aufschluss darüber, wie viel Mal größer der Nutzen (Heizwärme) gegenüber dem Aufwand (Strom) innerhalb eines Jahres ist. Die Jahresarbeitszahl ist abhängig von der Temperatur der Wärmequelle und der Temperatur des Wärmeverbrauchers, die in der Regel der Vorlauftemperatur des Heizsystems entspricht. Je höher die Temperatur der Wärmequelle und je niedriger die Temperatur des Wärmeverbrauchers, desto höher ist die Jahresarbeitszahl. Idealerweise werden Wärmepumpen in Verbindung mit Fußboden- oder Wandheizungen eingesetzt, da hier der Temperaturhub von Wärmequelle zum Verbraucher (Heizvorlauftemperatur) besonders gering und damit effizient ist. Dabei ist Erdwärme eine Wärmequelle, die gerade in Zeiten eines hohen Heizbedarfs (Winter) ein relativ hohes Temperaturniveau bereitstellt und damit für den Betrieb von Wärmepumpen besonders gut geeignet ist.

Die kostenlose Erdwärme liefert der Wärmepumpe bei einer heute üblichen Jahresarbeitszahl von 4 ca. 75 % der Heizwärme. Mit nur 25 % Fremdenergie, in der Regel in Form von Strom, kommt sie auf 100 % Heizwärme. Der Wärmeschutzstandard des zu beheizenden Gebäudes hat dabei eine Schlüsselfunktion zum wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpenanlage auf Basis von Erdwärme. Nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist die oberflächennahe Geothermie eine der Energien, die zur Deckung des vorgeschriebenen regenerativen Energieanteils angerechnet werden.

2.2. Die Erde als Wärmequelle

Erdgekoppelte Wärmepumpen nutzen die im Boden, im Gestein beziehungsweise im Grundwasser in Form von Wärme gespeicherte Energie, die auch als geothermische Energie oder Erdwärme bezeichnet wird. Natürliche Quellen dieser Erdwärme sind die Sonneneinstrahlung und atmosphärische Einflüsse wie das Niederschlagswasser (RAMMING 2007) sowie der geothermische Wärmestrom aus dem Erdinneren. Der Einfluss der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen nimmt unterhalb der Erdoberfläche innerhalb weniger Meter rasch ab. Wie in Abbildung 2 A zu erkennen, schwanken die mittleren Bodentemperaturen schon in wenigen Metern Tiefe nur noch um wenige Grad Celsius. Damit ist bereits Erdwärme aus diesen geringen Tiefen eine gut geeignete Wärmequelle für Wärmepumpen, da sie auch in der Haupt-Heizperiode stabile Quellentemperaturen liefert. In etwa 10–20 m Tiefe liegen die Temperaturen nahe der Jahresdurchschnittswerte der mittleren Lufttemperatur, d. h. in den meisten Regionen Norddeutschlands zwischen 9 °C und 10 °C. Unterhalb dieser Tiefe steigt die Temperatur in Norddeutschland mit durchschnittlich etwa 3 °C pro 100 m an (Abb. 2 B). Dieser weitgehend lineare Temperaturanstieg mit zunehmender Tiefe wird als geothermischer Gradient bezeichnet.

Erdwärme ist eine nach menschlichen Maßstäben unerschöpfliche, erneuerbare Energiequelle. Ein typischer Beleg dafür sind Thermalquellen, die teilweise seit Menschengedenken Wärme in Form von warmem oder heißem Wasser an die Erdoberfläche transportieren, ohne dass sich die Temperatur merklich verändert hätte. Um oberflächennahe Erdwärmenutzung nachhaltig zu betreiben, müssen Anlagen entsprechend den einschlägigen technischen Standards und Regelwerken dimensioniert werden (z. B. nach VDI 4640 Blatt 2). Das bedeutet, dass die im Untergrund verbauten Anlagenteile (= Erdwärmesystem), die eingesetzte Wärmepumpe und der Wärme- bzw. Kältebedarf fachgerecht aufeinander abgestimmt sein müssen. Im Heizbetrieb einer Erdwärmeanlage wird der Bereich unmittelbar um das Erdwärmesystem, also z. B. um die Erdwärmesonde (s. u.), abgekühlt. Nach den einschlägigen technischen Standards und Regelwerken kommt es bei Erdwärmebohrungen nicht zur Frostbildung im umgebenden Gestein oder im Grundwasser (s. auch Kap. 2.3.2/Frost-Tau-Wechsel). Bei gering

in den Boden eindringenden Erdwärmesystemen (bis ca. 5 m Tiefe) ist die Bildung geringfügiger, lokaler Eishüllen im Bereich des unterirdischen Wärmetauschers aus energetischer Sicht vorteilhaft. Dabei wird der Phasenwechsel flüssig/fest des im Boden befindlichen Wassers als Latentwärmespeicher im Winter ausgenutzt (VDI 4640 Blatt 2). Die lokal entzogene Wärme fließt aus dem Untergrund nach. Bei fachgerechter Dimensionierung stellt sich während des

Betriebs eines Erdwärmesystems im langjährigen Mittel ein Gleichgewicht zwischen Wärmezug und nachfließender Wärme ein. Dies belegen sowohl theoretische Berechnungen (z. B. HUBER & PAHUD 1999) als auch real über viele Jahre hinweg gemessene Temperaturen an tausenden von Erdwärmeanlagen.

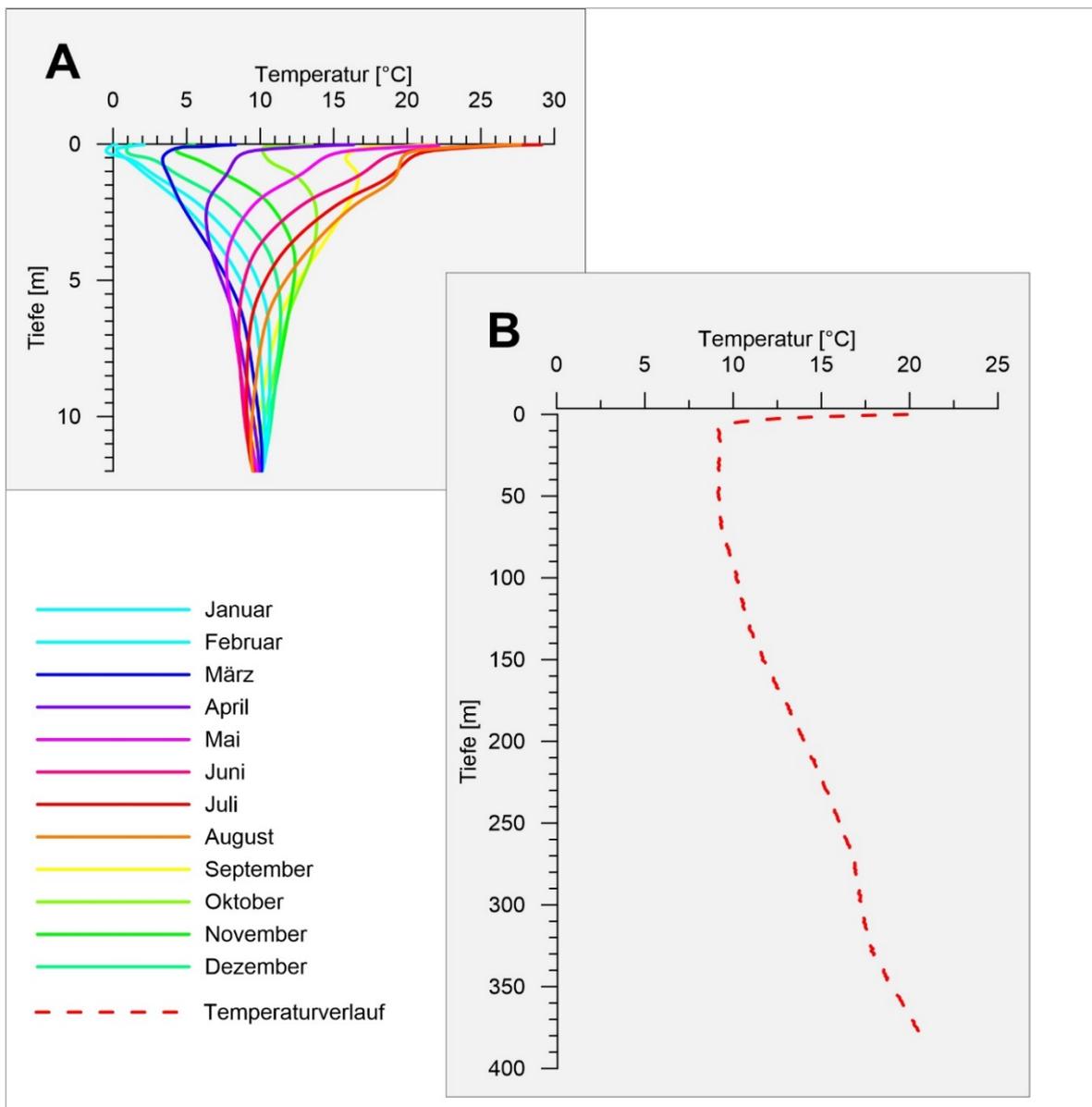


Abb. 2: A) Mittlerer Jahresgang der Bodentemperatur am Beispiel der Säkularstation Potsdam, Telegrafenberg (PIK 2020); B) Temperaturverlauf der Bohrung Nienburg (Weser)-46, gemessen im Juli 2014 (FENNEKOLDT 2015).

2.3. Technologie zur Gewinnung oberflächennaher Erdwärme

2.3.1. Überblick über Systeme zur Erdwärmegewinnung

Erdwärme kann mittels geschlossener und offener geothermischer Systeme (= Erdwärmesysteme) für Wärmepumpenanlagen nutzbar gemacht werden.

Bei geschlossenen geothermischen Systemen zirkuliert ein Wärmeträgermedium in einem über Erdarbeiten oder Bohrungen in den Untergrund eingebrachten Rohrsystem, ohne direkt mit dem Untergrund in Kontakt zu kommen. Zu den geschlossenen Systemen gehören Erdwärmesonden (Kap. 2.3.2), Erdwärmekollektoren (Kap. 2.3.3) und thermisch aktivierte Gründungsbauteile (Kap. 2.3.5). Das Wärmeträgermedium oder Wärmeträgermittel nimmt die im Untergrund vorhandene thermische Energie (Wärme) auf. Als Wärmeträgermedien sind in Niedersachsen

- flüssige Gemische aus Wasser und Ethylen- oder Propylenglykol bzw. Ethanol, die auch als Sole bezeichnet werden,
- Wasser sowie
- in Einzelfällen Kohlendioxid (CO₂) und Propan

üblich. Bei den in Niedersachsen mit Abstand am häufigsten verwendeten Wasser-Glykol-Gemischen dient der Glykol-Anteil als Frostschutzmittel. Die Verwendung solcher Gemische hat den Vorteil, dass auch Soletemperaturen im Bereich des Gefrierpunktes und damit höhere Entzugsleistungen realisiert werden können. Im Vergleich zu Wasser haben Wasser-Glykol-Gemische allerdings höhere Viskositäten und führen daher zu erhöhter Leistungsaufnahme der Umwälzpumpe und damit auch zu höheren Betriebskosten. In der Mehrheit der errichteten Anlagen wird ein Zusatz von Frostschutzmitteln verwendet. Zur Vermeidung von Korrosion und des Wachstums von Biofilmen werden dem Wärmeträgermedium häufig Additive (z. B. Inhibitoren, Biozide) zugesetzt. Für geschlossene Systeme sind neben der Temperatur des Untergrundes die boden- bzw. gesteinsphysikalischen Parameter von entscheidender Bedeutung. Dabei stellt insbesondere die Wärmeleitfähigkeit des Bodens bzw. des Gesteins einen ausschlaggebenden standortbezogenen Kenn-

wert für die Dimensionierung eines geschlossenen Erdwärmesystems dar. Der zusätzliche Wärmeentzug aus der Grundwasserbewegung ist im Allgemeinen nur schwer zu quantifizieren und wird daher meist als Sicherheitszuschlag betrachtet.

Bei offenen geothermischen Systemen wird Wasser über mindestens eine Brunnenbohrung aus dem Untergrund gefördert und über mindestens eine weitere Brunnenbohrung oder eine Versickerungsanlage in den Untergrund zurückgeleitet, nachdem ihm Wärme entzogen wurde. Offene Systeme sind Erdwärmeebrunnensysteme (Kap. 2.3.4). Für offene Systeme sind neben der Temperatur des Untergrundes dessen hydraulische und chemische Parameter von entscheidender Bedeutung. Dabei stellen insbesondere die Wasserdurchlässigkeit des Wasserleiters, der Grundwasserflurabstand und die chemische Zusammensetzung des Wassers entscheidende standortbezogene Kennwerte für die Funktionsfähigkeit und Dimensionierung einer offenen Erdwärmeeanlage dar. Die thermische Nutzung von Oberflächengewässern, die grundsätzlich ebenfalls eine mögliche Wärmequelle für Wärmepumpenanlagen darstellen, wird üblicherweise nicht zur Geothermie gezählt und in diesem Leitfaden nicht näher behandelt.

2.3.2. Erdwärmesonden

Unter einer Erdwärmesonde versteht man ein geschlossenes, mit Wärmeträgermedium gefülltes Rohrsystem, das in ein Bohrloch eingebracht und von einem Verfüllbaustoff umschlossen wird. Dieser Baustoff füllt den gesamten Raum zwischen Bohrlochwand und Rohrsystem liegenden Raum, der auch als Bohrlochringraum bezeichnet wird, aus. Die Sonden werden meist in weitgehend vertikale Bohrungen eingebaut. Darüber hinaus können sie auch in geneigte Bohrungen eingebracht werden, die sternförmig von einem zentralen Schacht aus angelegt werden. Zu den marktüblichen Erdwärmesonden gehören:

- Einfach- und Mehrfach-U-Sonden,
- Koaxialsonden und
- Direktverdampfersonden.

Einfach-U-Sonden bestehen aus einer U-förmig gebogenen Rohrschleife, Mehrfach-U-Sonden aus gebündelten, U-förmigen Rohrschleifen,

durch die das Wärmeträgermedium mit Hilfe einer Umwälzpumpe zirkuliert wird. In Niedersachsen werden mit großem Abstand am häufigsten Doppel-U-Sonden eingesetzt (Abb. 3). In der Regel werden Kunststoffrohre mit einem Durchmesser von 32 mm bzw. 40 mm aus Materialien

wie z. B. PE-RC oder PE-Xa verwendet. In Niedersachsen werden diese Sonden meist bis in Tiefen von 50–150 m eingebaut. Die Sonden werden unterhalb der Frosteindringtiefe (ca. 1 m) über Sammelleitungen und ggf. einen Verteilerschacht an eine Wärmepumpe angeschlossen.

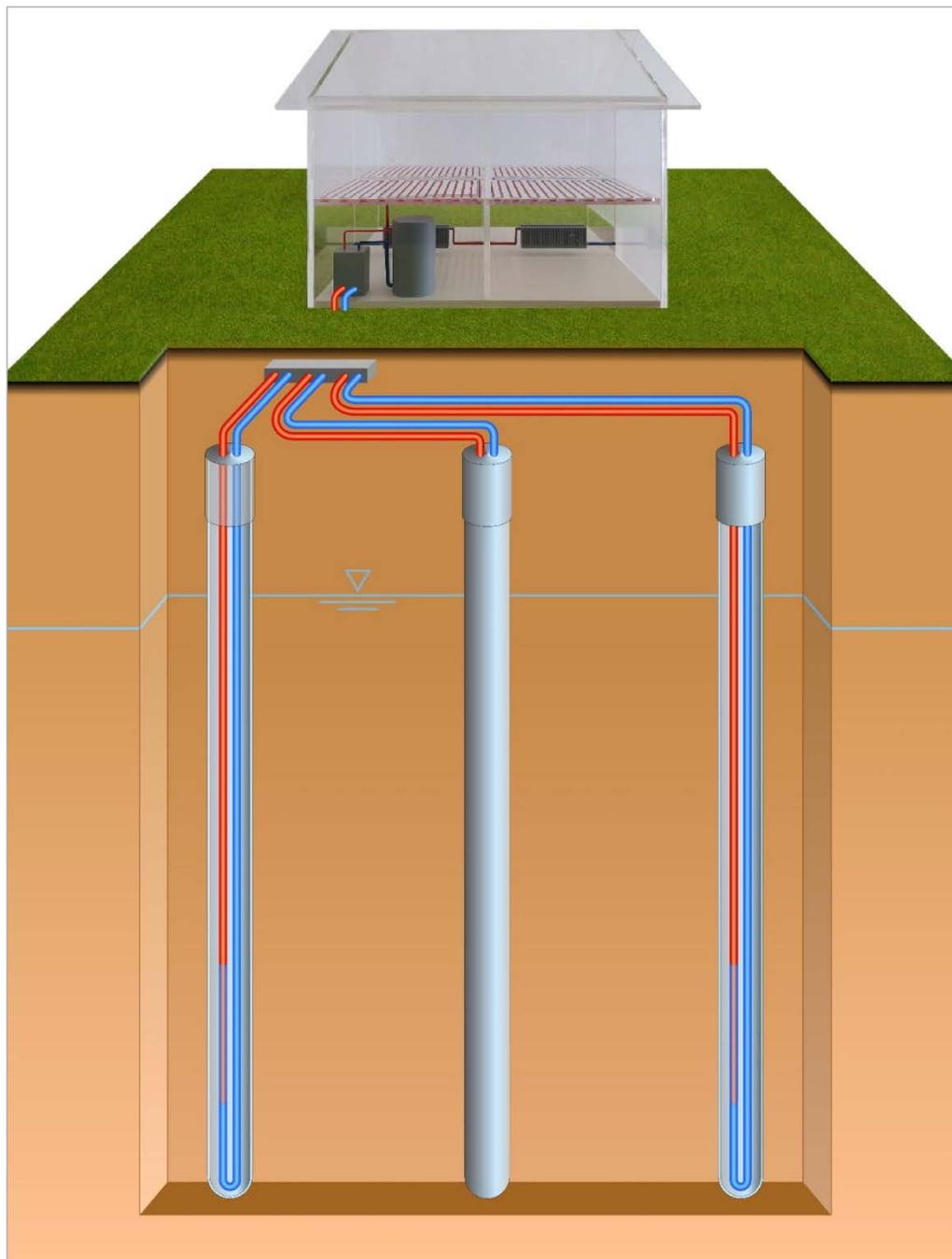


Abb. 3: Schematische Darstellung eines Systemhauses mit drei Erdwärmesonden. Die mit einem Verfüllbaustoff umschlossenen Erdwärmesonden sind zur Veranschaulichung teilweise halbtransparent dargestellt. Der Grundwasserspiegel ist als blaue Linie im Untergrund eingezeichnet.

Koaxialsonden sind sogenannte „Rohr-in-Rohr“-Systeme. Sie bestehen aus einem Außenrohr, das an seinem unteren Ende geschlossen ist. Darin befindet sich ein etwas kürzeres Innenrohr, das an seinem unteren Ende offen ist. Das Wärmeträgermedium wird mit Hilfe einer Umwälzpumpe durch die beiden Rohre zirkuliert. Dabei strömt es entweder im Außenrohr nach unten, erwärmt sich dabei und fließt im Innenrohr wieder nach oben, oder umgekehrt. Der Durchmesser von Koaxialsonden, die meist aus PE-Kunststoffen gefertigt sind, beträgt in der Regel zwischen > 60 mm und 150 mm. Im Vergleich zu Doppel-U-Sonden haben Koaxialsonden bei gleicher Bohrtiefe eine größere nutzbare Wärmeübertragerfläche und, bedingt durch ein größeres Volumen des Wärmeträgermediums, eine höhere Wärmekapazität.

Direktverdampfersonden werden mit einem Wärmeträgermedium betrieben, das innerhalb der Sonde einen Phasenwechsel zwischen flüssig und gasförmig durchläuft. Dabei strömt das kalte Wärmeträgermedium in flüssigem Zustand an der Innenseite des Sondenrohrs nach unten und erwärmt sich dabei, bis es verdampft. In gasförmigem Zustand steigt es im Inneren des Sondenrohrs wieder nach oben und gibt Wärme an die Wärmepumpe ab. Für die Zirkulation des Wärmeträgermediums ist im stabilen Regelbetrieb keine Umwälzpumpe erforderlich. Üblicherweise werden hierfür Metallrohre (z. B. Edelstahl) mit Kohlendioxid (CO₂) oder Propan als Wärmeträgermedium verwendet. Die Betriebsdrücke liegen bei Verwendung von CO₂ in der Regel im Bereich von mehreren Zehner Bar, bei Verwendung von Propan unter 10 bar. Da das Wärmeträgermedium in der Regel auch gleichzeitig das Arbeitsmittel der Wärmepumpe darstellt, entfällt im Vergleich zu anderen Erdwärmesystemen außerdem ein Wärmeübertrager. Mit Direktverdampfersonden sind höhere Wärmeentzugsleistungen zu erreichen als mit solebetriebenen Erdwärmesonden. Sie können allerdings nicht für die Gebäudekühlung eingesetzt werden. Direktverdampfersonden, die mit Betriebsmitteln der Wassergefährdungsklassen 1–3 arbeiten, finden in diesem Leitfaden keine Berücksichtigung.

Die nachfolgenden Hinweise sollen Bauenden dabei helfen, die Planung der Erdwärmesondenanlage mit den Fachbetrieben (z. B. Architekturbüros, Bohrunternehmen, Fachfirmen der Heizungs- und Klimatechnik) möglichst optimal abzustimmen:

- Eine Unterdimensionierung, das heißt, eine zu geringe Sondenlänge oder Sondenanzahl, wirkt sich negativ auf die Effizienz der Anlage aus. Im Extremfall kann eine Unterdimensionierung unerwünschte Frost-Tau-Wechsel im Bereich der Bohrlochverfüllung und des angrenzenden Gesteins verursachen und dabei Schäden an der Erdwärmeanlage sowie ggf. negative Umweltauswirkungen zur Folge haben. Durch Frost-Tau-Wechsel kann sich auch die Anbindung der Erdwärmesonde an das Gestein vermindern, was zu einem Absinken der Leistungsfähigkeit der Erdwärmesonde führt.
- Der nutzungsrelevante thermische Einfluss von einzelnen Erdwärmesonden ist im praktischen Langzeitbetrieb auf wenige Meter beschränkt. Für Wärmepumpen mit einer Heizleistung bis 30 kW_{th} sollte der Mindestabstand von Erdwärmesonden mindestens 5 m untereinander bzw. 10 m zur nächstgelegenen Anlage betragen (VDI 4640 Blatt 1). Werden diese empfohlenen Abstände unterschritten, können sich die Sonden gegenseitig negativ beeinflussen. Bei größeren Anlagen (> 30 kW_{th}) werden die erforderlichen Abstände der Erdwärmesonden zueinander rechnerisch ermittelt.
- Die Qualität der Bohrung und des Sonden einbaus, einschließlich der Verfüllung des Bohrlochringraums, ist sowohl für die Effizienz der Erdwärmesondenanlage als auch für den Grundwasserschutz maßgeblich. Daher dürfen Erdwärmesonden nur von entsprechend qualifizierten Fachbetrieben errichtet werden.
- Die Verwendung eines hochwertigen Verfüllbaustoffs mit hoher Wärmeleitfähigkeit fördert die Effizienz der Gesamtanlage und mindert das Risiko von unerwünschten Frostbildungen im Bohrlochringraum.
- Marktübliche Wärmeträgermittel enthalten unterschiedlich hohe Anteile an grundwassergefährdenden Inhaltsstoffen (Additive). Aus Sicht des Grundwasserschutzes sollte ein Produkt mit einem möglichst geringen Anteil dieser Substanzen gewählt werden. Eine Liste der zulässigen Wärmeträgermittel ist auf der Internetseite der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zu finden (<https://www.lawa.de/Publikationen-363-Wasserversorgung,-Abwasserentsorgung,-Wassergefaehrung.html>).

- Für die in Niedersachsen geltenden Ansprüche an die Qualität der Bauausführung sind die Anforderungen an Bau und Betrieb einer Erdwärmesondenanlage in Anhang 1a maßgeblich.

2.3.3. Erdwärmekollektoren

Unter einem Erdwärmekollektor versteht man ein geschlossenes, mit Wärmeträgermedium gefülltes Rohrsystem, das unterhalb der Frosteintritttiefe bis in maximal fünf Meter Tiefe eingebaut wird. Die geschlossenen Rohrkreise des Erdwärmekollektors werden in der Regel über Sammelleitungen und einen Verteilerschacht an eine Wärmepumpe geführt. Zu den marktüblichen Erdwärmekollektoren gehören:

- Flächenkollektoren,
- Direktverdampferkollektoren,
- Grabenkollektoren,
- Spiralkollektoren bzw. Erdwärmekörbe.

Die Erdwärmekollektoren liegen in dem Bereich der Bodenzone, dessen Temperatur maßgeblich von saisonalen klimatischen Einflüssen geprägt ist (Abb. 2). Der genutzte Temperaturbereich im Jahresgang (Maximum im Spätsommer, Minimum im beginnenden Frühjahr) ist größer als bei Erdwärmesondensystemen.

Flächenkollektoren sind horizontal verlegte Rohrkreise aus Materialien wie z. B. PE-RC oder PE-Xa, durch die mit Hilfe einer Umwälzpumpe ein Wärmeträgermedium zirkuliert. Der Bodeneingriff beim Flächenkollektor ist vergleichbar mit der Errichtung eines unterkellerten Gebäudes. Zunächst wird der Boden bis in eine Tiefe von üblicherweise 1,2–1,5 m ausgehoben. Auf den Untergrund werden die Rohrkreise in Schleifen oder in Form von Kompaktabsorberrmatten des Erdwärmekollektors horizontal verlegt, ähnlich einer Fußbodenheizung (Abb. 4). Die Rohrabstände liegen nach VDI 4640 Blatt 2 je nach Klimazone, Bodenart und Bautyp zwischen 5–80 cm. Anschließend werden die Rohrkreise wieder mit dem Bodenaushub bedeckt.

Direktverdampferkollektoren werden mit einem Wärmeträgermedium betrieben, das innerhalb des Kollektors einen Phasenwechsel zwischen flüssig und gasförmig durchläuft. Der durch den Phasenwechsel bedingte Dichteunterschied setzt im Regelbetrieb eine Zirkulation des Wärmeträgermediums in Gang, ohne dass hierfür eine Umwälzpumpe benötigt wird. Üblicherweise werden für Direktverdampferkollektoren mit Kunststoff ummantelte Metallrohre (z. B. Kupfer) mit Kohlendioxid (CO₂) oder Propan als Wärmeträgermedium verwendet. Die Betriebsdrücke liegen bei Verwendung von CO₂ in der Regel im Bereich von mehreren Zehner Bar, bei Verwendung von Propan unter 10 bar. Da das Wärmeträgermedium in der Regel auch gleichzeitig das Arbeitsmittel der Wärmepumpe darstellt, entfällt im Vergleich zu anderen Erdwärmesystemen außerdem ein Wärmeübertrager. Direktverdampferkollektoren, die mit Betriebsmitteln der Wassergefährdungsklassen 1–3 arbeiten, finden in diesem Leitfadens keine Berücksichtigung.

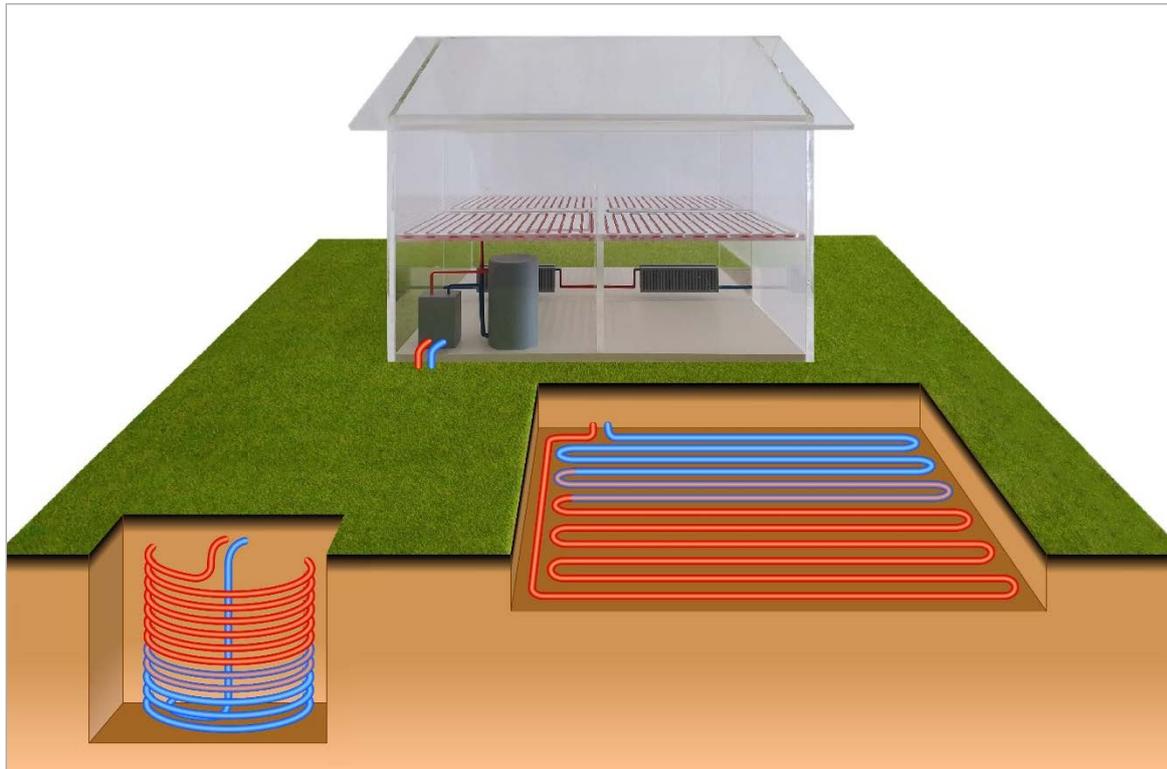


Abb. 4: Schematische Darstellung eines Systemhauses mit Erdwärmekollektoren (Spiralkollektor links, Flächenkollektor rechts).

Bei Grabenkollektoren wird ein Graben bis zu 3 m Tiefe ausgehoben. Die Rohrkreise werden an den Grabenwandflächen und/oder auf der Grabensohle montiert. Anschließend wird der Graben mit dem Bodenaushub wieder verfüllt.

Bei Spiralkollektoren und Erdwärmekörpern wird der Rohrkreis zu einem Zylinder oder Kegelstumpf gewickelt (Abb. 4). Die Durchmesser solcher Kollektoren liegen üblicherweise zwischen 0,5 m und ca. 2 m. Die Höhe beträgt in der Regel ca. 2–4 m. Durch ihre kompakte Bauform ist der Flächenbedarf dieser Kollektorformen etwas geringer als bei den Flächen- und Grabenkollektoren.

Die nachfolgenden Hinweise sollen Bauenden dabei helfen, die Planung der Erdwärmekollektoranlage mit den Fachbetrieben (z. B. Architekturbüros, Fachfirmen der Heizungs- und Klimatechnik) möglichst optimal abzustimmen:

- Die Grundlagen zur Dimensionierung von Erdwärmekollektoren, insbesondere mit Flächenkollektoren, sind in DEHNER, MÜLLER & SCHNEIDER (2007) erläutert.

- Die Kollektoren sollten nicht überbaut oder, z. B. durch Bäume, beschattet werden, da sonst eine vollständige Regeneration des Bodens nicht mehr gewährleistet werden kann. Für die Regeneration spielt neben der solaren Einstrahlung auch die Zufuhr von Wärme aus dem Sickerwasser (Niederschlag) eine Rolle (RAMMING 2007). Um die Energiezufuhr zu erhöhen, kann zusätzlich Niederschlagswasser auf der Kollektorfläche versickert werden. Dadurch verringert sich der Flächenbedarf des Kollektors.
- Bei Erdwärmekollektoren ist die Reichweite des horizontalen thermischen Einflusses in der Regel geringer als bei Erdwärmesonden, so dass bei Flächen- und Grabenkollektoren ein Abstand von einem Meter und bei Spiralkollektoren und Erdwärmekörpern ein Abstand von zwei Meter zur Grundstücksgrenze bzw. zu anderen Bauwerken ausreichend ist (VDI 4640 Blatt 1). Um die unerwünschte Beeinflussung mehrerer be-

nachbarter Spiralkollektoren bzw. Erdwärmekörbe zueinander zu minimieren, sollte nach VDI 4640 Blatt 2 ein ausreichender Mindestabstand zwischen zwei Kollektoren (üblicherweise 3–4 m) eingehalten werden.

- Für die in Niedersachsen geltenden Ansprüche an die Qualität der Bauausführung sind die Anforderungen an Bau und Betrieb einer Erdwärmekollektoranlage in Anhang 1b maßgeblich.

2.3.4. Erdwärmebrunnensysteme

Bei Erdwärmebrunnensystemen wird in der Regel aus einem oder mehreren Brunnen Grundwasser gefördert. Über eine Wärmepumpe wird dem Grundwasser Wärmeenergie entzogen, dabei wird es üblicherweise um zirka drei bis vier Grad abgekühlt. Anschließend wird das abgekühlte Grundwasser über einen oder mehreren Schluckbrunnen oder über eine Versickerungsanlage wieder dem Grundwasserleiter zugeführt. Grundwasser ist aufgrund der jahreszeitlich relativ konstanten Temperaturen von 8 °C bis 12 °C und der sehr hohen Wärmekapazität des Wassers eine sehr gute Wärmequelle.

Die Tiefe der Brunnenbohrungen hängt von der Beschaffenheit des Grundwasserleiters und der Lage der Grundwasseroberfläche ab. Für eine energetisch sinnvolle Nutzung sollte der Flurabstand (Differenz von Geländeoberkante zu Grundwasserspiegel nach DIN 4049-3) am Standort nicht mehr als 5–10 m betragen. Um das abgekühlte Wasser versickern zu können, sollte ein Mindestflurabstand gegeben sein, da sich um den Schluckbrunnen eine Aufhöhung der Grundwasseroberfläche ausbildet (Abb. 5). Die Höhe des erforderlichen Flurabstandes ist abhängig von der Fähigkeit des Untergrundes, Wasser aufzunehmen. Der erforderliche Volumenstrom (Wassermenge der Wärmequelle) ist den technischen Daten der Wärmepumpe zu entnehmen. Ob die für die Wärmepumpe notwendige Wassermenge zur Verfügung steht, wird i. d. R. mit einem Pumpversuch ermittelt. Für Anlagen zum Heizen und Kühlen von Ein- bis Zweifamilienhäusern wird eine Ergiebigkeit von wenigen Kubikmetern Grundwasser pro Stunde benötigt. Um zu vermeiden, dass das abgekühlte Wasser des Schluckbrunnens wieder in den Bereich des Förderbrunnens gelangt, ist beim Bau ein ausreichender Abstand einzuhalten.

Tab. 1: Richtwerte wichtiger Wasserinhaltsstoffe für die Nutzung eines Erdwärmebrunnensystems (nach SOBOTTA 2008).

Parameter	Grenzwert	Bemerkung
Partikeldurchmesser	< 1 mm	Ablagerungen im Wärmetauscher
pH-Wert	6,5 – 9	mögliche Korrosion von Edelstahl und anderen Werkstoffen
Sauerstoff (O ₂)	< 2 mg/l	Korrosionsgefahr (s. VDI 4640)
Leitfähigkeit	< 500 µS/cm	Korrosionsgefahr (s. VDI 4640)
Gesamthärte	> 4 °dH < 8,5 °dH	mögliche Ablagerung durch Karbonatbildung
Eisen (Fe)	< 2 mg/l	führt in Verbindung mit Sauerstoff zur Verockerung des Schluckbrunnens
Mangan (Mn)	< 1 mg/l	führt in Verbindung mit Sauerstoff zur Verockerung des Schluckbrunnens
Aluminium (Al)	< 0,2 mg/l	Korrosionsgefahr für Kupfer; kann in Verbindung mit Sauerstoff zur Verockerung des Schluckbrunnens führen
Ammoniak (NH ₃)	< 2 mg/l	Korrosionsgefahr für Kupfer
Sulfat (SO ₄)	< 70 mg/l	mögliche Korrosion von Edelstahl bei zu hohen Anteilen
Chlorverbindungen (Cl)	< 300 mg/l	mögliche Korrosion von Edelstahl bei zu hohen Anteilen
gelöste Kohlensäuren (CO ₂)	< 5 mg/l	Korrosionsgefahr für Kupfer

Neben der zur Verfügung stehenden Wassermenge ist die Wasserqualität von großer Bedeutung. Zahlreiche im Wasser gelöste Inhaltsstoffe können beim Zutagefördern des Wassers ausfallen und so als „Schlamm“ oder „Kruste“ (z. B. Verockerung) den Wasserfluss in Wärmetauscher, Brunnen und Leitungen behindern. Die Wasserqualität ist daher durch eine Wasseranalyse festzustellen. Eine abschätzende Bewertung der Analyseergebnisse kann anhand von Tabelle Tab. 1 vorgenommen werden.

Für die Planung eines Erdwärmepumpensystems ist eine Fachplanungsfirma notwendig.

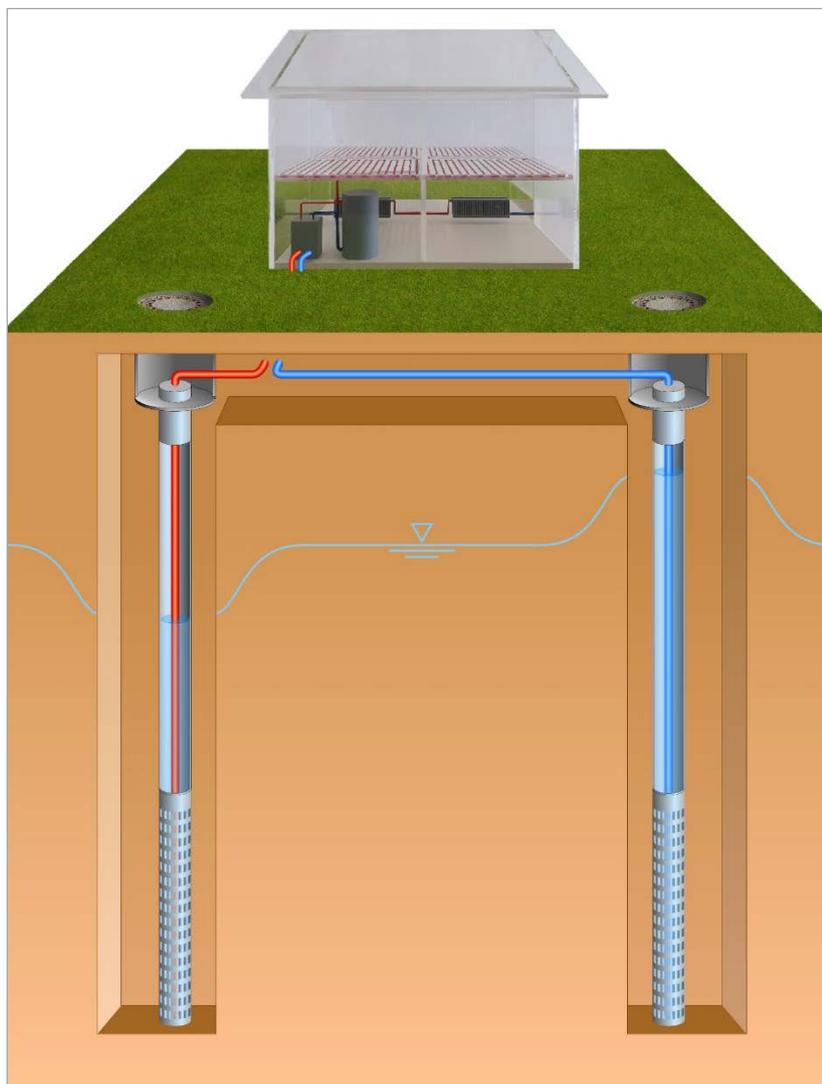


Abb. 5: Schematische Darstellung eines Systemhauses mit Erdwärmepumpensystem (Förderbrunnen links, Schluckbrunnen rechts) im Betrieb. Die Brunnenrohre sind zur Veranschaulichung teilweise halbdurchsichtig dargestellt. Der Grundwasserspiegel ist als blaue Linie im Untergrund eingezeichnet.

2.3.5. Thermisch aktivierte Gründungsbauteile

Der Einsatz von Energiepfählen stellt eine weitere Möglichkeit der thermischen Nutzung des Untergrundes dar.

Oftmals müssen Gebäude tief gegründet werden, um die Tragfähigkeit des Untergrundes nicht zu überschreiten. Für den Fall, dass z. B. eine Pfahlgründung erforderlich ist, sind Überlegungen der zusätzlichen thermischen Nutzung durch sogenannte Energiepfähle sinnvoll

(Abb. 6). Hierbei handelt es sich um Gründungspfähle, die im Inneren zusätzlich mit Rohrkreisen als Wärmetauscher versehen sind. In der Praxis kommen mehrere Bauformen zum Einsatz, wie z. B. Fertigpfähle, Presspfähle, Hohlpfähle oder Ortbetonpfähle. Bei der geothermischen Nutzung von Gründungspfählen müssen Effekte wie beispielsweise Frostbildung oder auch eine temperaturbedingte Querschnittsveränderung, die eine Verminderung der Tragfähigkeit des Bauteils bewirken können, vermieden werden.

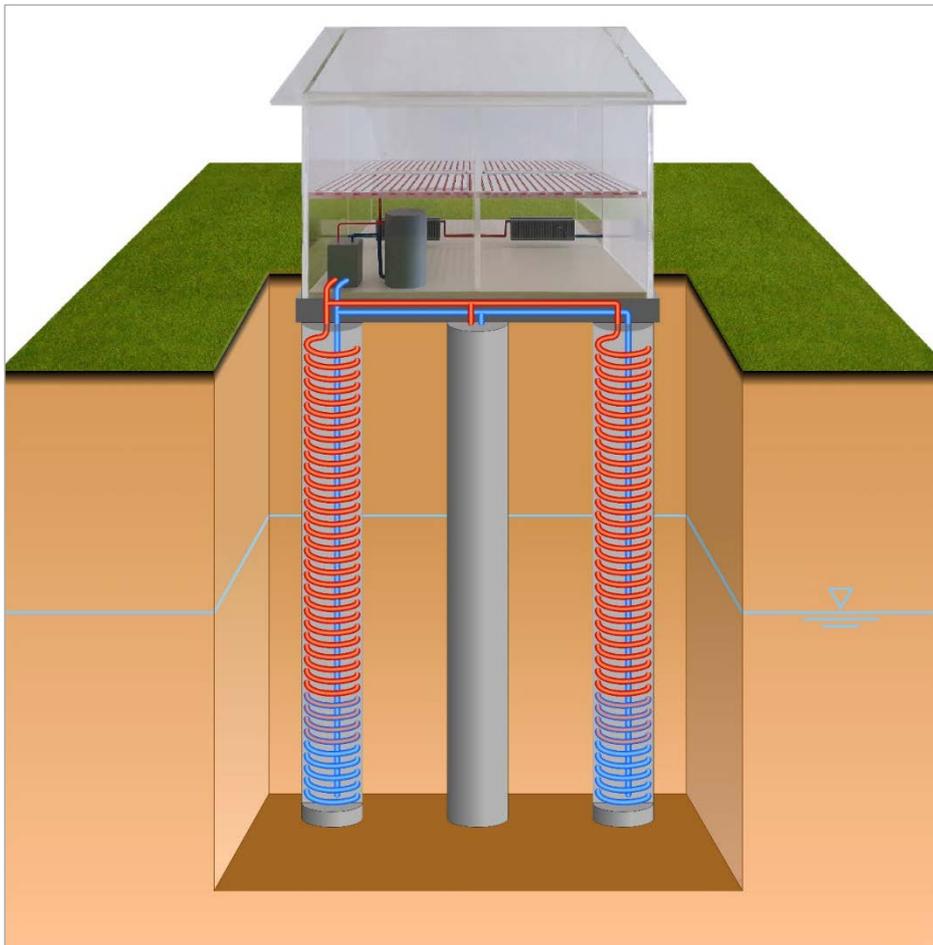


Abb. 6: Schematische Darstellung eines Systemhauses mit thermisch aktivierten Gründungspfählen. Die mit einem Verfüllbaustoff umschlossenen Wärmetauscher sind zur Veranschaulichung teilweise halbtransparent dargestellt. Der Grundwasserspiegel ist als blaue Linie im Untergrund eingezeichnet.

Bei der Dimensionierung der Anlage ist darauf zu achten, dass diese möglichst als Wechselspeicher betrieben wird. Ein solcher Anlagenbetrieb bedeutet, dass dem Boden die im Winter entzogene Energie (Wärme) im Sommer mittels Kühlung des Gebäudes wieder zugeführt wird. Dieses „Temperaturmanagement“ bewirkt eine thermische Regeneration des Untergrundes und gewährleistet sowohl eine optimale Entzugsleistung aus dem Erdreich als auch die nachhaltige und langfristige Möglichkeit der Anlagennutzung. Weiterhin wird das Potenzial einer gegenseitigen thermischen Beeinflussung der Energiepfähle aufgrund der geringen Abstände minimiert.

Für die Nutzung von thermisch aktivierten Gründungsbauteilen ist eine Fachplanungsfirma notwendig.

3. Rechtliche Grundlagen

3.1. Überblick

Für den Bau und Betrieb von Anlagen zur Erdwärmennutzung sind als gesetzliche Grundlagen insbesondere

- das Bundesberggesetz (BBERGG),
- das Gesetz zur staatlichen geologischen Landesaufnahme sowie zur Übermittlung, Sicherung und öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten und zur Zurverfügungstellung geologischer Daten zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben (Geologiedatengesetz – GEOLDG),
- das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Niedersächsische Wassergesetz (NWG) sowie das
- Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – STANDAG)

zu beachten.

Neben den gesetzlichen Grundlagen haben insbesondere folgende Verordnungen und Richtlinien wesentlichen Einfluss auf die Regelungspraxis:

- Die Bergverordnung für Tiefbohrungen, Untergrundspeicher und für die Gewinnung von Bodenschätzen durch Bohrungen im Land Niedersachsen (BVOT),
- die Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV),
- die Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (SCHUVO) und die regional angepassten Verordnungen der einzelnen Wasserschutzgebiete,
- der Runderlass des Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz zur wasserrechtlichen Zulassung für Tiefbohrungen (Vollzug des § 21 Abs. 2 StandAG) vom 20.04.2021 (MU 2021),
- die Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für wasserwirtschaftlichen Anforderungen an Erdwärmesonden und -kollektoren (LAWA 2019) und
- die Richtlinie VDI 4640 mit den Blättern 1 bis 5 des Vereins Deutscher Ingenieure.

Dieser Leitfaden dient als fachliche Handreichung für Entscheidungen, die in den einzelnen Zulassungs- oder Anzeigeverfahren von den Unteren Wasserbehörden verbindlich zu treffen sind. Hierdurch wird auf landesweit einheitliche Standards hingewirkt.

3.2. Bergrecht

3.2.1. Allgemeine Regelungen zum Bergrecht

Bei Bau und Betrieb von Geothermieranlagen ist Bergrecht anzuwenden, wenn im Einzelfall die Erdwärmeförderung oder -aufsuchung einer Bewilligung oder Erlaubnis (staatliche Konzession) oder wenn die Anlage eines oder mehrerer zugelassenen Betriebspläne bedarf. Zuständige Behörde für diese Entscheidungen ist für Niedersachsen das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG).

3.2.2. Erlaubnispflicht/ Bewilligungspflicht für Aufsuchung/Förderung von Erdwärme

Erdwärme ist nach § 3 Abs. 3 Nr. 2 Buchst. b BBergG „bergfreier Bodenschatz“. Dies bedeutet, dass sich das Eigentum an einem Grundstück nicht auf die Erdwärme erstreckt. Für die Aufsuchung bzw. die Gewinnung bedarf es daher im Grundsatz einer Erlaubnis nach § 7 BBergG bzw. einer Bewilligung nach § 8 BBergG.

Ausnahmsweise bedarf es keiner Erlaubnis/Bewilligung, wenn nämlich

- der Umfang nicht von gesamtwirtschaftlicher Bedeutung (BOLDT et al. 2016) ist (in der Regel, wenn die Erdwärme aus Tiefen von < 400 Metern stammt) oder
- die Erdwärme anlässlich bzw. zusammenhängend mit der baulichen oder städtebaulichen Grundstücksnutzung gefördert wird (§ 4 Abs. 2 Nr. 1 BBergG).

3.2.3. Betriebsplan

Ist die Aufsuchung/Gewinnung erlaubnis-/bewilligungspflichtig, bedarf die Geothermieranlage immer der Zulassung von Betriebsplänen durch das LBEG. Auch ohne Erlaubnis- oder Bewilligungspflicht kann die Bohrung betriebsplanpflichtig sein. Denn bei Bohrungen, die mehr als 100 m in den Boden eindringen sollen, entscheidet die Bergbehörde (LBEG) aufgrund der Anzeige unter Anwendung des § 127 Abs. 1 BBergG innerhalb einer Frist von zwei Wochen, ob für die Bohrung, aus Rücksicht auf den Schutz Beschäftigter oder Dritter oder wegen der Bedeutung der Bohrung, ein Betriebsplan nach § 51ff. BBergG erforderlich ist. Wenn ein Betriebsplan erforderlich ist, werden in einem Zulassungsverfahren nach § 55 i. V. m. § 54 Abs. 2 BBergG auch andere betroffene Behörden (z. B. Wasserbehörde, Kommunen) von der Bergbehörde, in Niedersachsen dem LBEG, beteiligt.

Stellt eine der im Betriebsplan beschriebenen Tätigkeiten (z. B. Bohrungen im Grundwasser, vorübergehende Grundwasserentnahme, Pumpversuche) einen Benutzungstatbestand im Sinne des WHG dar, entscheidet die Bergbehörde im Einvernehmen mit der Unteren Wasserbehörde nach § 19 WHG auch über die dann dafür erforderliche wasserrechtliche Erlaubnis. Sofern das LBEG aufgrund der Bohranzeige eine Erlaubnis, Bewilligung und/oder einen Betriebsplan als erforderlich ansieht, wird es den Vorhabensträger und/oder das Bohrunternehmen darüber und über die weiteren Schritte informieren. Ohne diese Entscheidung des LBEG können die Bohrarbeiten nach Ablauf der Frist, entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik (BVOT beachten), ausgeführt werden.

Ist kein bergrechtlicher Betriebsplan erforderlich, entscheidet allein die Untere Wasserbehörde über die Zulassung der Bohrung nach Wasserrecht (Kap. 3.4).

3.3. Geologiedatengesetz (GeolDG)

Da Tätigkeiten im Rahmen von Geothermievorhaben auch unter das GeolDG fallen (§ 3 Abs. 2 GeolDG), sind geothermische Messungen und Aufnahmen der Erdoberfläche, des geologischen Untergrundes mit Hilfe von Bohrungen und sonstigen Erkundungsmethoden sowie die

Aufbereitung und Analyse dieser Daten der zuständigen Behörde zu übermitteln. Bohrungen sind nach § 8 GeoIDG von den nach § 14 Anzeige- und übermittlungsverpflichteten Personen (z. B. Auftraggeber der Bohrung oder dem beauftragten Bohrunternehmen) mindestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten beim LBEG (zuständige Behörde in Niedersachsen in Bezug auf das GeoIDG) anzuzeigen. Diese Anzeige sollte auch die Angaben zur Prüfung der Erlaubnis- bzw. Bewilligungs- und Betriebsplanpflichtigkeit enthalten.

Folgende Angaben nach § 8 Nr. 1–6 GeoIDG sind für die in diesem Leitfaden behandelten Vorhaben mindestens erforderlich:

- die voraussichtliche Bezeichnung der Bohrung,
- Name und Anschrift der anzeigenden Person,
- Name und Anschrift der auftraggebenden Person bei juristischen Personen und Personengesellschaften: Name und Anschrift einer nach Gesetz, Satzung oder Gesellschaftsvertrag zur Vertretung berechtigten Person,
- die geplante Lage und Ansatzhöhe des Bohrpunktes (Koordinaten und Adresse sowie zusätzlich Gemarkung, Flur, Flurstück),
- die geplante Endteufe,
- die gegebenenfalls prognostizierten Gesteinsschichten,
- die geplanten Bohrlochmessungen (z. B. Thermal Response Test),
- die Art des Bohrverfahrens,
- der voraussichtliche künftige Aufbewahrungsort und die beabsichtigte Aufbewahrungsdauer von Bohrkernen und Bohr-, Gesteins- und Bodenproben.

Die Anzeige sollte ergänzend folgende Informationen enthalten:

Art des Geothermievorhabens (Erdwärmeebrunnen oder Erdwärmesonde, Direktnutzung des Temperaturgefälles oder Wärmepumpeneinsatz), voraussichtliche Leistung der Anlage (kW, Temperaturgefälle), den geplanten Beginn.

Die Bohranzeige ist vorzugsweise online auf der Internetseite der Norddeutschen Bohranzeige (<https://nibis.lbeg.de/bohranzeige>) zu stellen.

3.4. Wasserrecht

3.4.1. Allgemeine Regelungen im Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Die Verwirklichung eines Vorhabens zur Erdwärmennutzung ist zwangsläufig mit Bohrungen oder – im Falle der Erdwärmekollektoren – einem Erdaushub verbunden. Solche Erdaufschlüsse unterliegen gemäß § 49 Abs. 1 Satz 1 WHG einer Anzeigepflicht, falls sie sich auf das Grundwasser auswirken können, wovon in der Regel auszugehen ist.

Die Anzeige muss spätestens einen Monat vor Beginn der Arbeiten bei der Unteren Wasserbehörde vorliegen. Sie bietet dieser zunächst die Möglichkeit, aufgrund ihrer allgemeinen Überwachungsbefugnisse u. a. zusätzliche Auskünfte zu verlangen (§ 101 WHG) sowie durch Anordnungen die Durchführung der Arbeiten zu regeln (§ 100 Abs. 1 WHG).

Die Untere Wasserbehörde hat gleichzeitig zu prüfen, ob die geplanten Arbeiten sowie der spätere Betrieb der Anlage als Gewässerbenutzung im Sinne von § 9 WHG zu bewerten sind und sie deshalb gemäß § 8 WHG einer Erlaubnis bedürfen. In Betracht kommen insbesondere Benutzungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 4, § 9 Abs. 1 Nr. 5 oder § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG.

Das Einbringen von Stoffen in Gewässer (§ 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG) und damit auch in das Grundwasser ist in Bezug zur Erdwärmennutzung insbesondere durch bauliche Maßnahmen gegeben, bei denen Bauprodukte in Grundwasserkörper eingebracht werden. Das Einbringen löst eine Erlaubnispflicht anstelle einer Anzeige aus, wenn es sich nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken kann, z. B. bei bestimmten Untergrundverhältnissen (§ 49 Abs. 1 Satz 2 WHG). Beispiele für solche erlaubnispflichtigen Untergrundverhältnisse sind in Kapitel 6 angegeben. Sofern eine Erdwärmesonde oder ein -kollektor das Grundwasser erreicht, weist das Vorhaben im Vergleich zu „einfachen“ Erdaufschlüssen – z. B. der Herstellung eines Brunnens – die Besonderheit auf, dass permanent Flüssigkeiten im Grundwasserhorizont bewegt werden. Daher kommt auch die Erlaubnispflicht aufgrund von § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG in Betracht. Um in dieser Konstellation das Vorhaben ohne eine Erlaubnis auszuführen, muss

eine nachteilige Veränderung des Grundwassers praktisch ausgeschlossen sein.³

Insbesondere bei Bohrungen, die mehr als 100 m in den Boden eindringen, ist in der Regel ein Erlaubnisverfahren anzuwenden, da bei größeren Bohrtiefen die Kenntnis über die Untergrundverhältnisse deutlich abnimmt. Hierdurch erhöhen sich die Anforderungen an die Technik und das Risiko, unerwünschte Veränderungen zu verursachen. Durch die Bohrtätigkeit können so unbeabsichtigt Verhältnisse ausgelöst werden, die zu nachteiligen Auswirkungen auf den Untergrund und das Grundwasser führen können.

Benutzungen nach § 9 Abs. 1 Nr. 5 WHG sind das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser. Folglich fallen die Erdwärmbrunnensysteme unter die Erlaubnispflicht des § 8 Abs. 1 WHG.

Sonden- und Kollektorsysteme benutzen in der Regel zwar kein Grundwasser, gleichwohl sind Verunreinigungen des Grundwassers v. a. beim Niederbringen der Bohrungen nicht ausgeschlossen, etwa, wenn zwei ansonsten weiträumig getrennte Grundwasserstockwerke hydraulisch miteinander verbunden werden. Daher stellen die Bohrungen den Benutzungen nach § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG gleichgestellte Maßnahmen dar. Hierunter fallen alle Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen. Eine solche nachteilige Veränderung kann auch in der Temperaturveränderung des Grundwassers liegen.⁴ Alle Erdwärmeanlagen unterliegen den allgemeinen Sorgfaltspflichten gemäß § 5 WHG und müssen so eingebaut und betrieben werden, dass mit der nach den Umständen erforderlichen Sorgfalt eine nachteilige Gewässeränderung vermieden wird.

3.4.2. Vorschriften in Schutzgebieten

Für Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete bestehen auf Grundlage der §§ 51 bis 53 WHG jeweils spezifische Schutzverordnungen, die in ihrem räumlichen Geltungsbereich zu beachten sind.

Daneben enthält in Niedersachsen die Verordnung über Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten (SchuVO) einen Katalog von Mindestanforderungen, der in allen Wasserschutzgebieten gilt. Die SchuVO erstreckt sich allerdings nicht auf Heilquellenschutzgebiete. Sie verdrängt auch nicht Schutzvorschriften in gebietsbezogenen Verordnungen, die inhaltlich weiter gehen (§ 2 Abs. 1 SchuVO).

Gemäß § 2 SchuVO sind, unbeschadet weitergehender Regelungen in örtlichen Wasserschutzgebietsverordnungen oder vorläufigen Anordnungen, die in der Anlage aufgeführten Nutzungen in der Schutzzone I (Fassungszone) verboten; in den Schutzzonen II (engere Schutzzone), III bzw. IIIA und IIIB (weitere Schutzzone) gelten Beschränkungen. Die Nummer 12 der Anlage zur SchuVO enthält Schutzbestimmungen bezüglich der Erdwärmenutzung. Es wird unterschieden zwischen Vorhaben, die einen Grundwasserleiter erschließen (Buchstabe b), und solchen, die oberhalb eines Grundwasserleiters ausgeführt werden (Buchstabe a). Der Buchstabe a) dürfte insbesondere für Erdwärmekollektoren in Betracht kommen.

Als Rechtsfolge regelt die SchuVO für eine Erdwärmenutzung, die oberhalb eines Grundwasserleiters erfolgt, einen Genehmigungsvorbehalt in der Schutzzone II; in der Schutzzone III (bzw. den Zonen IIIA und IIIB) sieht die SchuVO für derartige Vorhaben keine Beschränkung vor. Wird von dem Vorhaben ein Grundwasserleiter erschlossen, wie es regelmäßig bei Erdwärmesonden zu erwarten ist, so gilt ein Verbot in der Schutzzone II und ein Genehmigungsvorbehalt in der Schutzzone III (bzw. den Zonen IIIA und IIIB).

Bei diesen Regelungen spielen, wie bei den o. g. Vorschriften des WHG, Genehmigungsvorbehalte im Einzelfall eine wichtige Rolle. Hieran knüpfen die Praxisempfehlungen „Erstellung und Vollzug von Wasserschutzgebietsverordnungen für Grundwasserentnahmen“ (NLWKN 2013) sowie die fachlichen Hinweise in Kapitel 6 an.

³ BeckOK UmweltR/Hasche WHG § 9 Rn. 13, beck-online; Czychowski/Reinhardt, WHG, 12. Aufl., § 49 Rn. 10.

⁴ Vgl. diesen Abschnitt BeckOK EEG/Greb EEG 2014 § 48 Rn. 30-42, beck-online.

3.4.3. Vorschriften zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen – § 62 WHG und AwSV

In Erdwärmeanlagen können in unterschiedlichem Umfang und mit unterschiedlicher Beschaffenheit wassergefährdende Stoffe eingesetzt werden.

Bei der Nutzung dieser Stoffe zum Betrieb von Erdwärmeanlagen handelt es sich nach der Begrifflichkeit des § 62 Abs. 1 WHG um ein „Verwenden“ der Stoffe. Diese Präzisierung ist deshalb von Bedeutung, weil nach dem WHG die speziellen Vorschriften über den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nur für Anlagen zum Verwenden wassergefährdender Stoffe im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und im Bereich öffentlicher Einrichtungen gelten, nicht aber, soweit die Verwendung in privaten Haushalten erfolgt.

Diese vom WHG vorgegebene Unterscheidung beruht nach ihrem Sinn und Zweck darauf, dass die speziellen Regelungen für AwSV-Anlagen bei vielen technischen Geräten in Privathaushalten unangemessen wären, wie z. B. beim Betrieb von Kühlschränken im Haushalt. Bei Erdwärmeanlagen ist diese Unterscheidung mit Blick auf das Risikopotenzial durch das Volumen des Wärmeträgermittels und den Eingriff in den Untergrund (z. B. mittels Bohrungen) weniger deutlich ausgeprägt. Um dem Besorgnisgrundsatz gemäß § 62 WHG auch bei einer Verwendung in privaten Haushalten Rechnung zu tragen, sind fallbezogene Anforderungen, wie sie in Kapitel 6 bzw. den Vorgaben der Schutzgebietsverordnung formuliert sind, zu beachten. Diese dienen dazu, nachteilige Veränderungen der Eigenschaften von Gewässern auszuschließen. Für Erdwärmeanlagen mit wassergefährdenden Stoffen im privaten Bereich kann im Einzelfall bei der Zulassung durch die zuständige Wasserbehörde eine Prüfpflicht als Nebenbestimmung festgelegt oder eine entsprechende Anordnung gemäß § 100 Abs. 1 Satz 2 WHG getroffen werden. Dies führt im Ergebnis zu einer Angleichung an die Verpflichtungen, die für Betreiber von AwSV-Anlagen gelten.

Der Umgang mit solchen Anlagen im Bereich der gewerblichen Wirtschaft und öffentlicher Einrichtungen nach § 62 Abs. 1 WHG ist konkretisiert in der Verordnung über Anlagen zum

Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV). Unterirdische Anlagen, die der AwSV unterliegen, müssen grundsätzlich doppelwandig ausgeführt werden. Für die üblichen einwandigen Bauweisen von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren sind daher in § 35 Abs. 2 AwSV besondere Tatbestände formuliert, unter denen eine Einwandigkeit zulässig ist. Unter anderem sind die Wärmeträgermittel, die verwendet werden dürfen, beschränkt. Die Anlagen dürfen als unterirdische Anlagen gemäß § 45 Abs. 1 Nr. 1 AwSV nur von Fachbetrieben nach § 62 AwSV⁵ errichtet werden. Außerdem sind diese Anlagen nach § 46 in Verbindung mit Anlage 5 oder 6 AwSV vor Inbetriebnahme sowie nach einer wesentlichen Änderung, ansonsten wiederkehrend alle fünf Jahre (in Schutz- und Überschwemmungsgebieten alle 30 Monate) und bei Stilllegung durch einen Sachverständigen nach § 2 Abs. 33 AwSV zu prüfen. Die Prüfungen umfassen die Ordnungsprüfung und die technische Prüfung. Bei der Ordnungsprüfung ist auch die Dokumentation der Errichtung einschließlich der Druckprüfung durchzuführen. Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung ist zusätzlich die Dichtheit des Gesamtsystems zu prüfen.

§ 49 AwSV beschränkt den Einsatz von Erdwärmeanlagen mit wassergefährdenden Stoffen in Schutzgebieten. Der Begriff der Schutzgebiete umfasst an dieser Stelle auch Heilquellenschutzgebiete (§ 2 Abs. 32 AwSV). In den Schutzzonen I und II gilt ein generelles Verbot solcher Anlagen gemäß § 49 Abs. 1 AwSV. In der Schutzzone III bzw. in Zone IIIA (bei einer Unterteilung der Zone III) dürfen der AwSV unterliegende Anlagen mit Erdwärmesonden nicht errichtet oder erweitert werden; dieses Verbot, das § 49 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 AwSV für die Schutzzone III/IIIA festlegt, erfasst jedoch keine Kollektoren.

Die dargestellten Vorschriften von WHG und AwSV zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen werden durch Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren ergänzt (LAWA 2019).

⁵ Betriebe, die eine Zertifizierung nach DVGW W 120-2 aufweisen, können für den Bau geothermischer Anlagen als gleichgeordnet zu Fachbetrieben der AwSV angesehen werden.

3.5. Standortauswahlgesetz

Nach den Sicherungsvorschriften des StandAG sind Gebiete, die als bestmöglich sicherer Standort für die Endlagerung in Betracht kommen, vor Veränderungen zu schützen, die ihre Eignung als Endlagerstandort beeinträchtigen könnten (§ 21 Abs. 1 StandAG). Demzufolge ist für Vorhaben in Teufen von mehr als 100 m zu prüfen, ob sich diese in einem der folgenden Gebiete befinden:

- identifizierte Gebiete nach § 13 Abs. 2 Satz 1 oder
- Gebiete im Sinne des § 13 Abs. 2 Satz 4 Halbsatz 2, die aufgrund nicht hinreichender geologischer Daten nicht eingeordnet werden können.

Ist dies der Fall, können die Vorhaben nur dann zugelassen werden, wenn einer der in § 21 Abs. 2 Satz Nrn. 1 bis 5 StandAG aufgeführten Zulassungsgründe erfüllt ist. Dies bedarf jeweils einer Einzelfallprüfung. Das LBEG übermittelt nach § 127 Abs. 1 Nr. 1 BBergG angezeigte Bohrungen aufgrund § 21 Abs. 4 StandAG unverzüglich dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE).

Die Vereinbarkeit des Erdwärme-Vorhabens mit dem StandAG ist von der Behörde zu prüfen, die das Vorhaben nach § 21 Abs. 2 StandAG zulässt. Das ist das LBEG, sofern ein Betriebsplan (ausnahmsweise) erforderlich ist, s. Kapitel 3.2. Falls nur eine wasserrechtliche Erlaubnispflicht nach § 8 WHG besteht, ist dies die Untere Wasserbehörde. Der Verfahrensablauf für diesen Fall ist im aktuellen Runderlass des Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz zur wasserrechtlichen Zulassung für Tiefbohrungen (MU 2021) geregelt. Bei der Entscheidung über die Zulassung des Vorhabens ist von der zuständigen Behörde, also dem LBEG oder der Unteren Wasserbehörde, das Einvernehmen mit dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) herzustellen.

3.6. Weitere regelungsrelevante Richtlinien

Die LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) hat Empfehlungen für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und -kollektoren erstellt (LAWA 2019). In dem Dokument sind 28 Empfehlungen zu Planung,

Standortauswahl und wasserrechtlichen Erlaubnis-/Anzeigepflicht sowie zu Errichtung, Betrieb und Stilllegung von Erdwärmesonden und -kollektoren mit besonderem Fokus auf den Grundwasserschutz aufgeführt.

Die VDI-Richtlinie 4640 mit den Blättern 1 bis 5 gibt technische Hinweise zum Bau von erdgekoppelten Wärmepumpenanlagen (VDI 4640 Blatt 1–5). Ziel der Richtlinie ist es, die einschlägigen technischen Standards und Regeln für die technische Planung und Ausführung widerzuspiegeln.

4. Errichtung und Betrieb von Erdwärmegewinnungsanlagen $\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ (geschlossene Systeme)

4.1. Abgrenzung der Anlagenkategorie

Bei geschlossenen Systemen werden unter Erdwärmegewinnungsanlagen $\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ Erdwärmesonden- oder Erdwärmekollektoranlagen verstanden, die eine Gesamtheizleistung $\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ aufweisen. Bei einer Erdwärmeanlage, die überwiegend im Heizbetrieb eingesetzt wird, ist die maßgebliche Leistung hierbei die Heizleistung der (nicht modulierenden) Wärmepumpe. Bei einem für die Wohngebäudebeheizung mit Trinkwarmwasserbereitung üblichen Betrieb von bis zu 2.400 Volllaststunden im Jahr entspricht das einer maximalen Jahresheizarbeit von 72.000 kWh/a. Bei einer modulierenden Wärmepumpe wird die Anlagenkategorie über diese Jahresheizarbeit abgegrenzt.

4.2. Verfahrensablauf

4.2.1. Verfahrensschritte von der Planung bis zur Errichtung einer Erdwärmeanlage $\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$

Für alle geschlossenen Systeme, die in die unter Kapitel 4.1 beschriebene Kategorie fallen, gliedert sich der Verfahrensablauf in fünf Schritte. Eine Übersicht aller Verfahrensabläufe befindet sich in Anhang 2.

Im Rahmen der Vorplanung ist zunächst vom Antragsteller (ggf. unterstützt von Fachfirmen) zu prüfen, ob sich sowohl Gebäude als auch Standort für Erdwärmennutzung eignen. Informationen zur Standorteignung sind in der Kartenserie Geothermie des NIBIS®-Kartenserver unter <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/> abrufbar (vgl. Kap. 6). Neben den online zur Verfügung stehenden Informationen kann auch eine rechtzeitige Anfrage bei der zuständigen Unteren Wasserbehörde zur Planungssicherheit beitragen. Bei positivem Ergebnis können Fachplaner sowie ausführende Firmen für Heizungsbau und Erdbau (Bohrfirma/Baufirma) ausgewählt werden.

Im weiteren Verlauf ist die Anzeige des Vorhabens erforderlich, mit der auch gleichzeitig der in bestimmten Fällen notwendige Antrag auf Erdwärmennutzung gestellt werden kann. Dabei hat sich in Niedersachsen in den letzten Jahren ein vereinfachtes Verfahren etabliert, das sowohl die bei Bohrungen notwendige Bohranzeige nach § 127 BBergG und § 8 GeolDG beim LBEG als auch die nach § 49 WHG bestehende wasserrechtliche Anzeigepflicht für alle Erdwärmegewinnungsanlagen (Erdwärmesonden, -kollektoren und sonstige Gewinnungssysteme) bei der Unteren Wasserbehörde erfüllt. Laut § 49 WHG sind „Arbeiten, 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, [...] der zuständigen Behörde [Untere Wasserbehörde] einen Monat vor Beginn der Arbeiten anzuzeigen.“ Unter diesen Arbeiten sind sowohl der Sonden- als auch der Kollektoreinbau zu verstehen.

Auf der Internetseite der Norddeutschen Bohranzeige online (<https://nibis.lbeg.de/Bohranzeige/>) können sowohl Bohrungen (Erdwärmesonden, Energiepfähle, geothermische Brunnen-systeme) als auch Erdaufschlüsse (Erdwärmekollektoren, sonstige Sonderbauform) im Online-Verfahren angezeigt werden.

Mit dieser Online-Anzeige können alle notwendigen und verfahrensrelevanten Daten eingegeben werden. Dies umfasst im ersten Schritt die Adressen des Auftraggebers und der Bohr-/Baufirma. Nach der Wahl der Option „weiter mit Erdwärmeevorhaben“ wird zunächst der geplante Standort der Anlage bestimmt. Im weiteren Verlauf wird das Vorhaben (u. a. geplante Bohrtiefe bzw. Einbautiefe) beschrieben. Sofern

mehrere Bohrungen zu einem Bauvorhaben gehören, muss in diesem Schritt jede Bohrung einzeln erfasst werden. Anschließend werden Angaben zur Anlage gemacht – hierzu zählen u. a. die geplante Heiz- und Kühlleistung und bauartspezifische Angaben.

Mit dem Absenden der Anzeige an das LBEG wird vom System ein pdf-Dokument mit den erfassten Angaben erstellt und dem Nutzer zum Ausdrucken angeboten. Dieses Dokument stellt eine wasserrechtliche Anzeige bzw. bei Einwilligung des Antragstellers einen Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis dar; es ist vom Anzeigenden zu unterschreiben und mit den erforderlichen Anlagen (vgl. Kap. 4.2.2/4.2.3) an die zuständige Untere Wasserbehörde in Niedersachsen zu senden. Die erforderliche Anzahl der Ausfertigungen ist mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde abzustimmen.

Bei der Errichtung von Anlagen mit Bezug zur Trink- oder Heilquellenwassergewinnung ist eine Beteiligung des LBEG durch die zuständige Untere Wasserbehörde erforderlich. Der Gewässerkundliche Landesdienst (GLD) wird bei Bedarf hinzugezogen.

Um allen Anzeigepflichten nachzukommen und alle gesetzlich vorgesehenen Fristen nach BBergG, GeolDG und WHG einzuhalten, muss die Anzeige mindestens einen Monat vor Bohr-/Baubeginn erfolgen. Für Bohrungen > 100 m, die vom StandAG betroffen sind, sollte bei der Zeitplanung berücksichtigt werden, dass das Zulassungsverfahren durch die erforderliche Prüfung nach dem StandAG ggf. mehr als einen Monat in Anspruch nehmen kann.

Nach dem Eingang der Anzeige bzw. des Erlaubnis-antrags prüft die zuständige Untere Wasserbehörde anhand der vorgelegten Unterlagen und der Standortbedingungen, ob die Voraussetzungen für den Bau und Betrieb einer Erdwärmeeanlage erfüllt sind (Abb. 7). Über die dem LBEG bekannten Gebiete, in denen mit Einschränkungen für die Erdwärmennutzung zu rechnen ist, geben die Karten „Nutzungsbedingungen oberflächennaher Geothermie in Niedersachsen 1 : 500.000“ auf dem frei zugänglichen NIBIS®-Kartenserver des LBEG Auskunft. Auf diesen Karten werden drei Kategorien ausgewiesen:

1. keine Einschränkungsgründe beim LBEG für eine Erdwärmenutzung bekannt (grün),
2. Einschränkungsgründe beim LBEG für eine Erdwärmenutzung bekannt (blau),
3. Erdwärmenutzung unzulässig (rot).

In Gebieten, in denen dem LBEG keine Einschränkungen bekannt sind, prüft die Untere Wasserbehörde, ob ihr für den Standort weitere Informationen vorliegen, die nicht in der Karte des LBEG verzeichnet sind. Sind keine Einschränkungsgründe für das Erdwärmeverhaben gegeben, kann das geplante Vorhaben im Anzeigeverfahren bearbeitet werden. Hierbei sind die im Leitfaden „Erdwärmenutzung in Niedersachsen“ beschriebenen Anforderungen an Bauausführung und Betrieb für die Nutzung von Erdwärme (Anhang 1a bzw. Anhang 1b) zu beachten. Ist am geplanten Standort durch Einschränkungsgründe eine Betroffenheit gegeben, wird die Anzeige als Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis gewertet, sofern der Antragsteller dies in seinem Antrag zum Ausdruck gebracht hat. Im Erlaubnisverfahren stellt die Untere Wasserbehörde im Rahmen einer wasserrechtlichen Einzelfallprüfung fest, ob und unter welchen Voraussetzungen eine Erdwärmenutzung möglich ist. Die Untere Wasserbehörde beurteilt, welche über die allgemeinen Anforderungen des Leitfadens hinausgehenden Auflagen im Rahmen einer Erlaubnis nach §§ 8, 9 WHG erteilt werden müssen. Der Antragsteller erhält in diesem Fall eine wasserrechtliche Erlaubnis mit Nebenbestimmungen.

In Gebieten, in denen dem LBEG Einschränkungen bekannt sind, (s. Standortfaktoren, Kap. 6) prüft die Untere Wasserbehörde ggf. unter Einbeziehung der Fachbehörde zunächst, ob die angegebenen Einschränkungsgründe für das geplante Erdwärmeverhaben relevant sind oder am Standort nicht zutreffen, z. B. weil der Einschränkungsgrund in einer größeren Tiefe auftritt und die geplante Erdwärmeanlage diese Tiefe nicht erreicht. Sollte es am geplanten Standort durch diese Einschränkungsgründe keine Betroffenheit geben, prüft die Untere Wasserbehörde, ob am Standort weitere Informationen vorliegen, die nicht in der Karte des LBEG verzeichnet sind. Sind auch hier keine Einschränkungsgründe für das Erdwärmeverhaben gegeben, kann das geplante Vorhaben im Anzeigeverfahren bearbeitet werden. Hierbei sind die im Leitfaden „Erdwärmenutzung in Niedersachsen“ beschriebenen Anforderungen an

Bauausführung und Betrieb für die Nutzung von Erdwärme (Anhang 1a bzw. Anhang 1b) zu beachten. Ist am geplanten Standort durch Einschränkungsgründe eine Betroffenheit gegeben, wird die Anzeige als Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis gewertet, sofern der Antragsteller dies in seinem Antrag zum Ausdruck gebracht hat. Im Erlaubnisverfahren stellt die Untere Wasserbehörde im Rahmen einer wasserrechtlichen Einzelfallprüfung fest, ob und unter welchen Voraussetzungen eine Erdwärmenutzung möglich ist. Die Untere Wasserbehörde beurteilt, welche über die allgemeinen Anforderungen des Leitfadens hinausgehenden Auflagen im Rahmen einer Erlaubnis nach §§ 8, 9 WHG erteilt werden müssen. Der Antragsteller erhält in diesem Fall eine wasserrechtliche Erlaubnis mit Nebenbestimmungen.

In den unzulässigen Gebieten ist aufgrund der Nähe zu Wassergewinnungsanlagen die Nutzung von Erdwärme verboten. In diesen Gebieten wird in der Regel die Durchführung eines Erdwärmeverhabens durch die Untere Wasserbehörde abgelehnt.

Neben den Standorteigenschaften können ggf. auch Merkmale der geplanten Anlage, z. B. eine außergewöhnliche Konstruktion oder das Vordringen in große Tiefen (> 100 m) einen Grund bilden, durch den ein Erlaubnisverfahren nötig wird.

Eine Prüfung im Anzeigeverfahren kann zu behördlichen Anordnungen oder Hinweisen für die Durchführung des Vorhabens führen (§ 100 WHG). Ist eine Erlaubnis nach §§ 8, 9 WHG erforderlich, so wird diese bei ihrer Erteilung i. d. R. mit Nebenbestimmungen verbunden.

In einem Wasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet ist der ggf. bestehende Genehmigungsvorbehalt nach der SchuVO oder der örtlichen Schutzverordnung abzuarbeiten (s. Kap. 3.4.2). Ob eine solche Zulassung nötig ist, ist unabhängig von der Frage einer Erlaubnisbedürftigkeit gemäß §§ 8, 9 WHG zu beurteilen.

Nachdem das Anzeige- oder Zulassungsverfahren durchlaufen ist, ist der Bau der Erdwärmeanlage der nächste Schritt. Bei der Errichtung der erdseitigen Anlage sind grundsätzlich die in Anhang 1a bzw. Anhang 1b beschriebenen Anforderungen an Bauausführung und Betrieb für die Nutzung von Erdwärme zu beachten. Des Weiteren sind Nebenbestimmungen der wasserrechtlichen Erlaubnis umzusetzen, sofern

diese erteilt wurden. Bei der Errichtung der gebäudeseitigen Anlage ist die Installation von Messtechnik zu Kontroll- und Überwachungsfunktionen zu empfehlen, sofern diese nicht durch Nebenbestimmungen in der wasserrechtlichen Erlaubnis verpflichtend vorgeschrieben wurde. Dazu zählen u. a. Temperatur- und Druckwächter sowie Wärmemengenzähler.

Nach der Inbetriebnahme der Anlage ist eine regelmäßige Überwachung erforderlich. Bei Anlagen, die der AwSV unterliegen (z. B. gewerbliche oder öffentliche Anlagen), ist eine Überwachung verpflichtend. Bei allen anderen Anlagen wird eine Überprüfung der Anlagentechnik und Funktionalität alle fünf Jahre durch einen Fachbetrieb empfohlen.

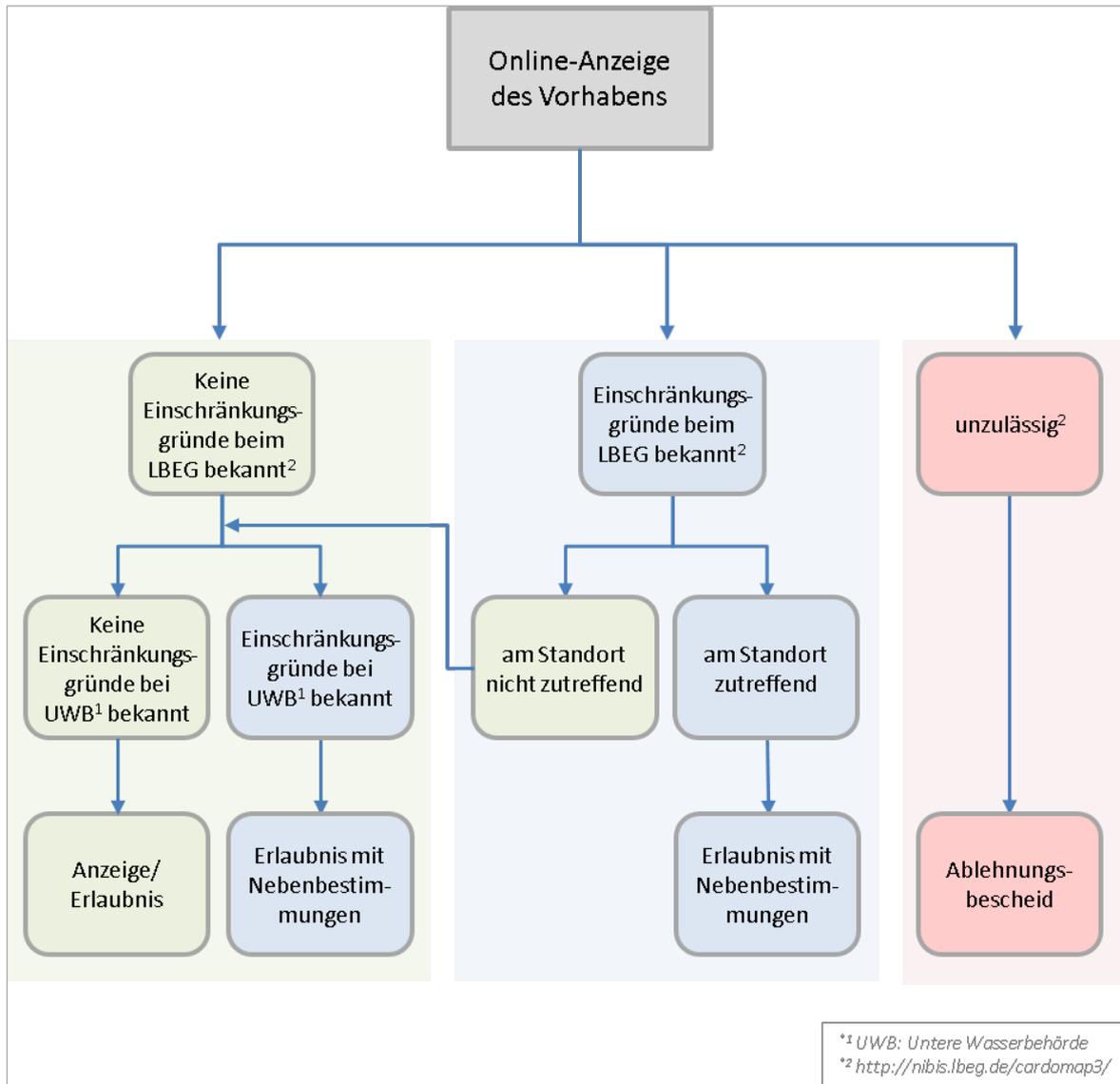


Abb. 7: Anwendung der Karten „Nutzungsbedingungen oberflächennaher Geothermie“ (Farbschema angelehnt an die Kartendarstellung im NIBIS®-Kartenserver).

4.2.2. Verfahrensablauf Erdwärmesondensysteme

Das im Rahmen der Online-Bohranzeige erstellte pdf-Dokument ist, wie unter Kapitel 4.2.1 dargestellt, unterschrieben an die zuständige Untere Wasserbehörde zu schicken. Folgende Unterlagen sind der Anzeige/dem Antrag beizufügen:

- Übersichtslageplan (Maßstab 1 : 25.000) mit Kennzeichnung des geplanten Anlagenstandortes,
- Auszug aus der Liegenschaftskarte in geeignetem Maßstab mit Eintragung der Bohrung(en) auf dem Grundstück einschließlich Bemaßung,
- Nachweis der Zertifizierung der Bohrfirma nach DVGW W 120-2 oder gleichwertige Zertifizierung einer akkreditierten Zertifizierungsstelle; der Nachweis über die Gleichwertigkeit ist mit der Anzeige durch den Antragsteller zu erbringen,
- Sicherheitsdatenblätter von Wärmeträgermittel und/oder Verfüllmaterial, wenn im Antrag als Material keines aus der Auswahlliste der Online-Bohranzeige, sondern „anderes“ ausgewählt wurde,
- in Gebieten, in denen Einschränkungen bekannt sind (s. Standortfaktoren, Kap. 6), ggf. Beschreibung geeigneter technischer Maßnahmen sowie während der Bohrtätigkeit vorzuhaltender technischer Ausrüstung zur Beherrschung der zu erwartenden Untergrundverhältnisse (z. B. bei artesischen Standortverhältnissen),
- ggf. weitere Unterlagen, wenn gefordert.

Nach Fertigstellung der Anlage sind die in Anhang 1a Nr. 51 aufgelisteten Unterlagen an die zuständige Untere Wasserbehörde und gem. §§ 9, 10 GeolDG an das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie zu übersenden.

4.2.3. Verfahrensablauf Erdwärmekollektorsysteme

Das im Rahmen der Online-Bohranzeige erstellte pdf-Dokument ist, wie unter Kapitel 4.2.1 dargestellt, unterschrieben an die zuständige Untere Wasserbehörde zu schicken. Folgende Unterlagen sind der Anzeige/dem Antrag beizufügen:

- Übersichtslageplan (Maßstab 1 : 25.000) mit Kennzeichnung des geplanten Anlagenstandortes,
- Auszug aus der Liegenschaftskarte in geeignetem Maßstab mit Eintragung des Kollektorstandortes auf dem Grundstück einschließlich Bemaßung,
- Sicherheitsdatenblätter des Wärmeträgermittels, wenn im Antrag als Material keines aus der Auswahlliste der Online-Bohranzeige, sondern „anderes“ ausgewählt wurde,
- ggf. weitere Unterlagen, wenn gefordert.

Nach Fertigstellung der Anlage sind die in Anhang 1b aufgelisteten Unterlagen an die zuständige Untere Wasserbehörde zu übersenden.

4.2.4. Verfahrensablauf für thermisch aktivierte Gründungsbauteile

Der Verfahrensablauf orientiert sich in der Regel an dem von Erdwärmesonden, da vorwiegend thermisch aktivierte Pfähle eingesetzt werden. Es ergibt sich für Energiepfähle nach § 49 WHG eine Anzeigepflicht an die zuständige Untere Wasserbehörde, die dann anhand der Anzeige prüft, ob es einer wasserrechtlichen Erlaubnis bedarf und ob diese erteilt werden kann.

5. Errichtung und Betrieb von Erdwärmegewinnungsanlagen > 30 kW_{th} (geschlossene Systeme)

5.1. Abgrenzung der Anlagenkategorie

5.1.1. Definition der Anlagenkategorie

Mehrere räumlich benachbarte Erdwärmesonden oder Kollektoren eines Betreibers, die zu einer Gesamtanlage mit einer Leistung > 30 kW_{th} bzw. einer Jahresheizarbeit von mehr als 72.000 kWh/a (s. Kap. 4.1) zusammengeführt werden, werden hier als Erdwärmesondenfeld oder Erdwärmekollektorfeld bezeichnet. Bei einer Erdwärmeanlage, die überwiegend im Heizbetrieb eingesetzt wird, ist die maßgebliche Leistung hierbei die Heizleistung der Wärmepumpe. Bei durchschnittlichen Wärmeleitfähigkeiten in Niedersachsen ist davon auszugehen, dass Erdwärmesondenfelder in der Regel mehr als 600 Gesamtbohrmeter benötigen, um eine Heizleistung von > 30 kW_{th} zu generieren. Eine Erdwärmeanlage, die überwiegend der Kühlung dient, d. h. bei der in der Bilanz mehr Wärme in den Untergrund eingebracht als entnommen wird, ist, unabhängig von der Leistung der Anlage, in der Regel ebenfalls wie ein Erdwärmesondenfeld/Erdwärmekollektorfeld zu behandeln.

5.1.2. Anlagenkategorie Erdwärmesondenfelder

Kleine Anlagen können in der Regel auf Basis der über das LBEG öffentlich verfügbaren Untergrunddaten und standardisierter Richtwerte ausgelegt werden (VDI 4640 Blatt 1 und 2). Im Unterschied dazu erfordern Erdwärmesondenfelder eine Vorerkundung der lokalen Untergrundverhältnisse und eine auf die Standortverhältnisse angepasste Berechnung zur Dimensionierung. Hierfür sind die thermischen Eigenschaften des Untergrundes am Standort zu bestimmen, die in der Regel über einen Thermal Response Test (TRT, s. VDI 4640 Blatt 5) ermittelt werden. Damit soll gewährleistet werden, dass

- eine auf die Standortverhältnisse optimierte Konfiguration des Sondenfeldes erreicht, d. h. eine Über- oder Unterdimensionierung

vermieden und damit die Einwirkung auf den Untergrund minimiert wird,

- die durch den Betrieb der Anlage unvermeidlichen Temperaturänderungen im Untergrund in dem nach einschlägigen technischen Standards und Regelwerken vertretbaren Rahmen bleiben (VDI 4640 Blatt 1),
- bisher nicht oder nicht genau bekannte Grundwassergeringleiter, die verschiedene Grundwasserstockwerke trennen, oder bisher nicht oder nicht genau bekannte Grundwasserversalzung rechtzeitig erkannt und bei der Errichtung des Sondenfeldes berücksichtigt werden und
- bisher nicht oder nicht genau bekannte bohrtechnische Schwierigkeiten oder Gefährdungen am Standort rechtzeitig erkannt und bei der Errichtung des Sondenfeldes berücksichtigt werden, z. B. lokale artesische Verhältnisse, Untergrundverhältnisse mit Potenzial für erhebliche Spülungsverluste oder quellfähige Sulfatgesteine.

5.1.3. Anlagenkategorie Erdwärmekollektorfelder

Kleine Anlagen können in der Regel auf Basis der über das LBEG öffentlich verfügbaren Untergrunddaten und standardisierter Richtwerte ausgelegt werden (VDI 4640 Blatt 1 und 2). Im Unterschied dazu erfordern Erdwärmekollektorfelder eine umfassendere Untersuchung der Untergrundgegebenheiten und eine auf die Standortverhältnisse angepasste Berechnung zur Dimensionierung. Damit soll gewährleistet werden, dass

- eine auf die Standortverhältnisse optimierte Konfiguration des Kollektorfeldes erreicht, d. h. eine Über- oder Unterdimensionierung vermieden und damit die Einwirkung auf den Untergrund minimiert wird,
- die durch den Betrieb der Anlage unvermeidlichen Temperaturänderungen im Untergrund in dem nach einschlägigen technischen Standards und Regelwerken vertretbaren Rahmen bleiben (VDI 4640 Blatt 1),
- ein möglicher Einbau im Grundwasser rechtzeitig erkannt und bei der Errichtung des Kollektorfeldes berücksichtigt werden kann.

5.2. Verfahrensablauf Erdwärmesondenfelder

5.2.1. Verfahrensschritte von der Planung bis zur Errichtung eines Erdwärmesondenfeldes

Große Erdwärmeeinrichtungen mit Sonden (Erdwärmesondenfelder) sind im Vergleich zu kleinen Erdwärmeeinrichtungen ($\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$) mit einem größeren Eingriff in den Untergrund verbunden. Es werden größere Wärmemengen aus dem Untergrund entzogen oder in den Untergrund eingebracht, deshalb sind seitens der Wasserbehörden erhöhte Anforderungen an Planung, Errichtung und Betrieb solcher Anlagen zu stellen. Wird die Errichtung eines Erdwärmesondenfeldes nicht fachgerecht ausgeführt, kann sich dies nicht nur in unerheblichem Ausmaß nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken. Um die Wechselwirkung eines Erdwärmesondenfeldes mit dem Untergrund abschätzen zu können, sind mehr Informationen nötig als bei einer Anlage $\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$. Die erforderlichen Informationen beziehen sich auf die thermischen und geologischen Standortverhältnisse, auf die Konfiguration des Sondenfeldes (z. B. die geometrische Anordnung der Erdwärmesonden) und die daraus resultierenden thermischen Wechselwirkungen vom Untergrund zur Anlage sowie Informationen zum Umfeld der geplanten Anlage.

Das Anlegen des Sondenfeldes bei einer größeren Erdwärmeeinrichtung unterscheidet sich demnach erheblich von einem typischen Erdaufschluss gemäß § 49 Abs. 1 WHG, der nur einer Anzeige bedarf. Diese besondere Maßnahme der Errichtung eines Sondenfeldes ist in der Regel als Benutzung i. S. v. § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, ggf. i. V. m. § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG, anzusehen. Für Erdwärmesondenfelder ist daher in der Regel ein zweistufiges Verfahren erforderlich:

Verfahrensstufe 1: Vorerkundung

Der Verfahrensablauf für die Erkundungsbohrung, einschließlich der Bestimmung der standortspezifischen thermischen Untergrundgegebenheiten (i. d. R. Thermal Response Test (TRT) und ggf. weitere Vermessungen), entspricht weitgehend dem für eine Erdwärmesondenanlage bis $30 \text{ kW}_{\text{th}}$ Heizleistung (Kap. 4.2.1). Der Antragsteller zeigt zunächst die Bohrung als „Erkundungsbohrung für Erdwärmesondenfeld (TRT)“ über die Online-Bohranzeige

des LBEG (<https://nibis.lbeg.de/Bohranzeige/>) an und sendet derzeit das vom System erstellte pdf-Dokument als wasserrechtliche Anzeige mindestens einen Monat vor Beginn der Arbeiten ausgedruckt, unterschrieben und mit den geforderten Unterlagen (Kap. 4.2.2) an die zuständige Untere Wasserbehörde. Die erforderliche Anzahl der Ausfertigungen ist mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde abzustimmen. Damit können die erforderlichen Anzeigen nach Wasserrecht bei der Unteren Wasserbehörde sowie nach Geologiedatengesetz und ggf. Bergrecht beim LBEG in einem Arbeitsschritt durchgeführt werden. Die Untere Wasserbehörde entscheidet je nach örtlichen Gegebenheiten, ob eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich ist und bindet ggf. das LBEG bzw. den GLD ein (Kap. 6). In den Gebieten, in denen keine Einschränkungen bekannt sind, kann auf eine Erlaubnis für die Vorerkundung verzichtet werden (vgl. Abb. 7). Sofern eine Erlaubnis erforderlich ist, wird die Anzeige als Antrag gewertet, soweit der Antragsteller dies in seiner Anzeige erklärt hat. Mit den Arbeiten für die Erkundungsbohrung darf begonnen werden, wenn a) die Zustimmung/Erlaubnis der Unteren Wasserbehörde vorliegt oder innerhalb einer Frist von einem Monat nach Anzeige keine Einwände erfolgt sind und b) zwei Wochen nach Anzeige verstrichen sind und keine Einwände des LBEG vorliegen. Der Antragsteller fertigt anschließend auf Basis der Ergebnisse der Vorerkundung die erforderlichen Antragsunterlagen für Stufe 2 des Verfahrens an (vgl. Anhang 2).

Verfahrensstufe 2: Errichtung und Betrieb des Erdwärmesondenfeldes

Der Antragsteller zeigt alle Bohrungen für das geplante Sondenfeld über die Online-Bohranzeige des LBEG an (<https://nibis.lbeg.de/Bohranzeige/>), wobei die BID (Bohridentifikationsnummer) der Erkundungsbohrung (TRT) unter dem Punkt „Beschreibung der Anlage“ anzugeben ist. Anschließend werden im Online-Formular die verfahrensrelevanten Daten für den Betrieb der Anlage erfasst. Das beim Absenden der Online-Bohranzeige erzeugte pdf-Dokument ist derzeit wiederum ausgedruckt und unterschrieben zusammen mit allen weiteren benötigten Antragsunterlagen (s. u.) ausschließlich an die Untere Wasserbehörde zu senden. Die erforderliche Anzahl der Ausfertigungen ist mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde abzustimmen. Die Untere Wasserbehörde prüft die Unterlagen in einem Erlaubnisverfahren.

Grundsätzlich ist bei der Errichtung von Erdwärmesondenfeldern das LBEG durch die Untere Wasserbehörde zu beteiligen. Mit der Errichtung des Sondenfeldes darf begonnen werden, wenn

- die Erlaubnis der Unteren Wasserbehörde für die Errichtung und den Betrieb der Erdwärmesondenanlage vorliegt und
- zwei Wochen nach Anzeige verstrichen sind und keine Einwände des LBEG vorliegen. In der Betriebsphase hat der Erlaubnisinhaber den sachgerechten Betrieb der Anlage im Rahmen eines Monitorings zu dokumentieren (Kap. 5.2.3, Anhang 2 und 3).

5.2.2. Erforderliche Unterlagen

Die Unterlagen für die Anzeige/den Antrag einer Erkundungsbohrung (Verfahrensstufe 1) bzw. den Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis für Erdwärmesondenfelder (Verfahrensstufe 2) sollten mindestens die nachfolgend aufgelisteten Aspekte behandeln. In Abhängigkeit von den lokalen Standortverhältnissen kann die Untere Wasserbehörde im Einzelfall weitere Unterlagen fordern.

Unterlagen für Verfahrensstufe 1: Vorerkundung

- Übersichtslageplan (Maßstab 1 : 25.000) mit Kennzeichnung des geplanten Anlagenstandortes,
- Auszug aus der Liegenschaftskarte in geeignetem Maßstab mit Eintragung der Bohrung(en) auf dem Grundstück einschließlich Bemaßung,
- Zertifizierung der Bohrfirma nach DVGW W 120-2 oder gleichwertige Zertifizierung einer akkreditierten Zertifizierungsstelle; der Nachweis über die Gleichwertigkeit ist mit der Anzeige durch den Antragsteller zu erbringen,
- Sicherheitsdatenblätter von Wärmeträgermittel und/oder Verfüllmaterial, wenn im Antrag als Material keines aus der Auswahlliste der Online-Bohranzeige, sondern „anderes“ ausgewählt wurde,
- in Gebieten, in denen Einschränkungen bekannt sind (s. Standortfaktoren, Kap. 6), ggf. Beschreibung geeigneter technischer

Maßnahmen sowie während der Bohrtätigkeit vorzuhaltender technischer Ausrüstung zur Beherrschung der zu erwartenden Untergrundverhältnisse (z. B. bei artesischen Standortverhältnissen),

- ggf. weitere Unterlagen, wenn gefordert.

Unterlagen für Verfahrensstufe 2: Errichtung und Betrieb des Erdwärmesondenfeldes

- Übersichtslageplan (Maßstab 1 : 25.000) mit Kennzeichnung des geplanten Anlagenstandortes,
- Auszug aus der Liegenschaftskarte in geeignetem Maßstab mit Eintragung aller Bohrungen und ggf. geplanten Temperatur-/Grundwassermessstellen des Sondenfeldes auf dem Grundstück einschließlich Bemaßung,
- Zertifizierung der Bohrfirma nach DVGW W 120-2 oder gleichwertige Zertifizierung einer akkreditierten Zertifizierungsstelle; der Nachweis über die Gleichwertigkeit erfolgt durch den Antragsteller,
- Sicherheitsdatenblätter von Wärmeträgermittel und/oder Verfüllmaterial, wenn im Antrag als Material keines aus der Auswahlliste der Online-Bohranzeige, sondern „anderes“ ausgewählt wurde,
- Ergebnisse der Erkundungsbohrung (Schichtenverzeichnis, Angaben zum Grundwasserstand in Meter unter GOK, sofern vorhanden),
- Ergebnisse aus der Bestimmung der thermischen Eigenschaften des Untergrundes (i. d. R. Thermal Response Test und ggf. weitere Messergebnisse),
- Beurteilung der geologischen Verhältnisse des Standorts unter Berücksichtigung öffentlich verfügbarer Daten des LBEG und der Ergebnisse der Vorerkundung; Hinweise auf erwartete Bohr-/Baurisiken und Beschreibung geeigneter technischer Maßnahmen sowie der während der Bohrtätigkeit vorzuhaltenden technischen Ausrüstung zur Beherrschung der zu erwartenden Verhältnisse,
- Beurteilung der hydrogeologischen Verhältnisse unter Berücksichtigung öffentlich verfügbarer Daten des LBEG und der Ergebnisse der Vorerkundung; Hinweise auf Gebiete mit hydrogeologischen Besonderheiten und Beschreibung geeigneter

technischer Maßnahmen sowie während der Bohrtätigkeit vorzuhaltender technischer Ausrüstung zur Beherrschung der zu erwartenden Verhältnisse,

- analytische Berechnung für den Zeitraum der Gebäudenutzung (üblicherweise 50 Jahre) mit einer einschlägigen Software; Darstellung des Temperaturverlaufs für die Grundlast für einen Zeitraum von 50 Jahren; Darstellung des Temperaturverlaufs im 50. Betriebsjahr (Grundlast, Spitzenlast); Angabe der Eingabedaten,
- Darstellung der Heiz-/Kühlbilanz in MWh pro Monat und Jahr,
- Darstellung und Beurteilung der Auswirkungen der Anlage auf anderweitige Grundwassernutzungen im direkten Umfeld (z. B. Brunnen der Lebensmittelindustrie, bestehende Erdwärmeanlagen, private Trinkwassernutzungen),
- Darstellung und Beurteilung der Auswirkungen der Anlage für andere Schutzgebiete/-güter (z. B. Naturschutzgebiete, Trinkwasserschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, geschützte Oberflächengewässer),
- Abschätzung des Einflussbereichs der Temperaturveränderung im Untergrund/Grundwasser als Grundlage für die erforderliche Anlagenüberwachung (Monitoring):
 - bei kleinen Erdwärmesondenfeldern (Heizleistung der Wärmepumpe von $> 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ bis $\leq 100 \text{ kW}_{\text{th}}$ oder eine vergleichbar große Kühlleistung) in der Regel nach Erfahrungswerten aus der Literatur,
 - bei mittelgroßen Erdwärmesondenfeldern (Heizleistung der Wärmepumpe von $> 100 \text{ kW}_{\text{th}}$ bis $\leq 200 \text{ kW}_{\text{th}}$ oder eine vergleichbar große Kühlleistung) in der Regel auf Basis der Fließrichtung und abgeschätzten Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers,
 - bei großen Erdwärmesondenfeldern (Heizleistung der Wärmepumpe von $> 200 \text{ kW}_{\text{th}}$ oder eine vergleichbar große Kühlleistung) in der Regel als grafische Darstellung der Temperaturisolinelinien ($> \pm 1 \text{ K}$ zur ungestörten Temperatur) in relevanten Tiefenschnitten, basierend auf einer numerischen Modellierung (Grundwasserströmung und Tempera-

tur). Die Anforderungen an eine numerische 3D-Grundwassermodellierung sind in NEUSS & DÖRHÖFER (2009) erläutert. Es sind die Differenzen der zu erwartenden Temperatur zur ungestörten Untergrundtemperatur in aussagefähigen Tiefenschnitten darzustellen (z. B. $> \pm 1 \text{ K}$ zu ungestörter Temperatur). Es ist die Temperatur am zeitlichen Extrempunkt (wärmster oder kältester zu erwartender Zeitpunkt im Untergrund) in Tiefenschnitten auf einer aussagefähigen topographischen Grundlage darzustellen. Strömungsrichtung und Geschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) des Grundwassers sind z. B. mit Vektoren anzugeben.

Nach Fertigstellung der Anlage sind die in Anhang 1a Nr. 51 aufgelisteten Unterlagen an die zuständige Untere Wasserbehörde und gem. §§ 9, 10 GeolDG an das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) zu übersenden.

5.2.3. Anlagenüberwachung in der Betriebsphase (Monitoring)

Zur Überwachung des ordnungsgemäßen Betriebs der Anlage und zur Beweissicherung bedarf es der Aufnahme, Darstellung und Auswertung spezifischer Betriebsdaten. Die erforderlichen Daten und die Anforderungen an die Auswertung dieser Daten im Rahmen eines Berichtes sind in Anhang 3 beschrieben. Üblich ist die Erstellung eines Monitoringberichtes nach dem 1., 2., 5. Betriebsjahr und anschließend im Intervall alle fünf Jahre. Bei Auffälligkeiten (z. B. deutliche Temperaturabweichungen gegenüber der Prognose, Wärmeeintrag/-austrag abweichend von der ursprünglichen Planung) sollten diese Zeitabschnitte enger gefasst werden. Die konkreten Anforderungen an die Anlagenüberwachung werden in der wasserrechtlichen Erlaubnis geregelt.

Eine etwaige Überschreitung der prognostizierten Untergrundtemperaturen im Kühlbetrieb kann durch eine konsequente Anlagenüberwachung rechtzeitig erkannt und durch geeignete Maßnahmen verhindert werden. Die Möglichkeit einer Kontrolle verschiedener Betriebszustände bietet zudem den Vorteil, die Erdwärmeanlage optimal auf die jeweiligen Nutzeranforderungen anpassen zu können. Auf diese Weise trägt das

Monitoring nicht nur zur Einhaltung der Auflagen der wasserrechtlichen Erlaubnis, sondern auch zum wirtschaftlichen Betrieb der Erdwärmeanlage bei, da Optimierungspotenziale erkannt und zeitnah umgesetzt werden können.

5.3. Verfahrensablauf Erdwärmekollektorfelder

5.3.1. Verfahrensschritte von der Planung bis zur Errichtung eines Erdwärmekollektorfeldes

Große Erdwärmeanlagen mit Erdwärmekollektoren sind im Vergleich zu kleinen Erdwärmeanlagen ($\leq 30 \text{ kW}_{\text{th}}$) mit einem größeren Eingriff in den Untergrund verbunden. Es werden größere Wärmemengen aus dem Untergrund entzogen oder in den Untergrund eingebracht, deshalb sind seitens der Wasserbehörden erhöhte Anforderungen an Planung, Errichtung und Betrieb solcher Anlagen zu stellen. Wird die Errichtung eines Erdwärmekollektorfeldes nicht fachgerecht ausgeführt, kann sich dies in nicht nur unerheblichem Ausmaß nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken.

Das Anlegen des Erdwärmekollektorfeldes bei einer größeren Erdwärmeanlage unterscheidet sich demnach erheblich von einem typischen Erdaufschluss gemäß § 49 Abs. 1 WHG, der nur einer Anzeige bedarf. Diese besondere Maßnahme der Errichtung eines Erdwärmekollektorfeldes ist in der Regel als Benutzung i. S. v. § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG, ggf. i. V. m. § 9 Abs. 1 Nr. 4 WHG, anzusehen. Für Erdwärmekollektorfelder ist daher in der Regel ein umfangreicheres Verfahren erforderlich.

Ablauf

Im Rahmen der Planung eines Erdwärmekollektorfeldes ist eine Vorerkundung des Untergrundes bis in eine Tiefe von ca. 1 m unterhalb der geplanten Kollektorsole erforderlich. Benötigte Informationen sind vor allem der Untergundaufbau mit ggf. angetroffenem Grundwasserstand. Hierzu kann die Baugrunderkundung herangezogen werden. Auf Basis der Ergebnisse der Vorerkundung stellt der Antragsteller die erforderlichen Antragsunterlagen zusammen und zeigt das Erdwärmekollektorfeld über die Online-Bohranzeige des LBEG an (<https://nibis.lbeg.de/Bohranzeige/>). In dem Online-Formular werden dabei die verfahrensrelevanten

Daten für den Betrieb der Anlage unter dem Punkt „Beschreibung der Anlage“ erfasst. Das beim Absenden der Online-Bohranzeige erzeugte pdf-Dokument ist ausgedruckt und unterschrieben zusammen mit allen weiteren benötigten Antragsunterlagen (s. u.) ausschließlich an die Untere Wasserbehörde zu senden. Die erforderliche Anzahl der Ausfertigungen ist mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde abzustimmen. Die Untere Wasserbehörde prüft die Unterlagen im Rahmen eines wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens. Grundsätzlich ist bei der Errichtung von Erdwärmekollektorfeldern das LBEG durch die Untere Wasserbehörde zu beteiligen. Mit der Errichtung des Erdwärmekollektorfeldes darf begonnen werden, wenn a) die Erlaubnis der Unteren Wasserbehörde für die Errichtung und den Betrieb der Erdwärmeanlage vorliegt und b) zwei Wochen nach Anzeige verstrichen sind und keine Einwände des LBEG vorliegen. In der Betriebsphase hat der Erlaubnisinhaber den sachgerechten Betrieb der Anlage im Rahmen eines Monitorings zu dokumentieren (vgl. Kap. 5.3.3, Anhang 2 und 3).

5.3.2. Erforderliche Unterlagen

Die Unterlagen für den Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis für Erdwärmekollektorfelder sollten mindestens die nachfolgend aufgelisteten Aspekte behandeln. In Abhängigkeit von den lokalen Standortverhältnissen kann die Untere Wasserbehörde im Einzelfall weitere Unterlagen fordern.

- Übersichtslageplan (Maßstab 1 : 25.000) mit Kennzeichnung des geplanten Anlagenstandortes,
- Auszug aus der Liegenschaftskarte in geeignetem Maßstab mit Eintragung der Kollektorflächen und ggf. geplanten Temperatur-/Grundwassermessstellen auf dem Grundstück einschließlich Bemaßung,
- Sicherheitsdatenblätter des Wärmeträgermittels, wenn im Antrag als Material keines aus der Auswahlliste der Online-Bohranzeige, sondern „anderes“ ausgewählt wurde,
- Sicherheitsdatenblätter des Abdichtungsmaterials, wenn die Kollektorsole unterhalb des Grundwasserspiegels liegt,
- Ergebnisse der Grunderkundung (Schichtenverzeichnis, Angaben zum

Grundwasserstand in Meter unter GOK, sofern vorhanden),

- Beurteilung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Standorts unter Berücksichtigung öffentlich verfügbarer Daten des LBEG und der Ergebnisse der Vorerkundung; Hinweise auf erwartete Bohr-/Baurisiken und Beschreibung geeigneter technischer Maßnahmen,
- bei Anlagen bis 200 kW_{th}: i. d. R. Darlegung der Dimensionierung mit zugehörigen Eingangsparametern auf Basis der VDI 4640 Blatt 2 Anhang A,
- bei Anlagen > 200 kW_{th}: analytische Berechnung der Temperaturentwicklung für den Zeitraum der Gebäudenutzung (üblicherweise 50 Jahre) mit einer einschlägigen Software; Darstellung des Temperaturverlaufs für die Grundlast für einen Zeitraum von 50 Jahren; Darstellung des Temperaturverlaufs im 50. Betriebsjahr; Angabe der Eingabedaten,
- Darstellung der Heiz-/Kühlbilanz in MWh pro Monat und Jahr,
- Darstellung und Beurteilung der Auswirkungen der Anlage auf anderweitige Grundwassernutzungen im direkten Umfeld (z. B. Brunnen der Lebensmittelindustrie, bestehende Erdwärmeanlagen, private Trinkwassernutzungen),
- Darstellung und Beurteilung der Auswirkungen der Anlage für andere Schutzgebiete/-güter (z. B. Naturschutzgebiete, Trinkwasserschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, geschützte Oberflächengewässer),
- Abschätzung des Einflussbereichs der Temperaturveränderung im Untergrund als Grundlage für die erforderliche Anlagenüberwachung (Monitoring):
 - bei kleinen Erdwärmekollektorfeldern (Heizleistung der Wärmepumpe von > 30 kW_{th} bis ≤ 100 kW_{th} oder eine vergleichbar große Kühlleistung) in der Regel nach Erfahrungswerten,
 - bei mittelgroßen Erdwärmekollektorfeldern (Heizleistung der Wärmepumpe von > 100 kW_{th} bis ≤ 200 kW_{th} oder eine vergleichbar große Kühlleistung) in der Regel auf Basis der abgeschätzten Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wärme-/Kältefahne,

- bei großen Erdwärmekollektorfeldern (Heizleistung der Wärmepumpe von > 200 kW_{th} oder eine vergleichbar große Kühlleistung) in der Regel als grafische Darstellung der Temperaturisolinien (> ± 1 K zur ungestörten Temperatur) in relevanten Tiefenschnitten, basierend auf einer numerischen Modellierung (Grundwasserströmung und Temperatur).

Nach Fertigstellung der Anlage sind die in Anhang 1b aufgelisteten Unterlagen an die zuständige Untere Wasserbehörde zu übersenden.

5.3.3. Anlagenüberwachung in der Betriebsphase (Monitoring)

Zur Überwachung des ordnungsgemäßen Betriebs der Anlage und zur Beweissicherung bedarf es der Aufnahme, Darstellung und Auswertung spezifischer Betriebsdaten. Die erforderlichen Daten und die Anforderungen an die Auswertung dieser Daten im Rahmen eines Berichtes sind in Anhang 3 beschrieben. Üblich ist die Erstellung eines Monitoringberichtes nach dem 1., 2., 5. Betriebsjahr und anschließend im Intervall alle fünf Jahre. Bei Auffälligkeiten (z. B. deutliche Temperaturabweichungen gegenüber der Prognose, Wärmeeintrag/-austrag abweichend von der ursprünglichen Planung) sollten diese Zeitabschnitte enger gefasst werden. Die konkreten Anforderungen an die Anlagenüberwachung werden in der wasserrechtlichen Erlaubnis geregelt.

Eine etwaige Überschreitung der prognostizierten Untergrundtemperaturen im Kühlbetrieb kann durch eine konsequente Anlagenüberwachung rechtzeitig erkannt und durch geeignete Maßnahmen verhindert werden. Die Möglichkeit einer Kontrolle verschiedener Betriebszustände bietet zudem den Vorteil, die Erdwärmeanlage optimal auf die jeweiligen Nutzeranforderungen anpassen zu können. Auf diese Weise trägt das Monitoring nicht nur zur Einhaltung der Auflagen der wasserrechtlichen Erlaubnis, sondern auch zum wirtschaftlichen Betrieb der Erdwärmeanlage bei, da Optimierungspotenziale erkannt und zeitnah umgesetzt werden können.

6. Geologische und wasserwirtschaftliche Standortfaktoren (geschlossene Systeme)

6.1. Standortfaktoren für Erdwärmesondensysteme

6.1.1. Einfluss der Standortfaktoren auf die wasserrechtliche Beurteilung

Die Beurteilung der Standortfaktoren für Erdwärmesonden erfolgt anhand der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten und ggf. der Lage des Vorhabens in Trinkwasserschutz- oder -gewinnungsgebieten oder Heilquellenschutzgebieten. Hieraus können sich Einschränkungen für die Nutzung der Erdwärme ergeben.

Die hydrogeologische Beurteilung erfolgt im Hinblick auf die mögliche Beeinflussung des Grundwassers durch die Bohrarbeiten bzw. den Ausbau der Bohrung sowie bei Eintritt eines Schadensfalls durch austretendes Wärmeträgermittel. Sie stellt keine Bewertung der Effizienz einer Erdwärmesonde in einem bestimmten Gebiet dar. In den Kapiteln 6.1.2 bis 6.1.11 sind die Einschränkungsgründe näher erläutert, die auf der Karte „Nutzungsbedingungen oberflächennaher Geothermie – Erdwärmesonden“ (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3>) ausgewiesen sind. Ob sich diese Einschränkungsgründe auf ein Bauvorhaben auswirken, kann durch das Einholen von weitergehenden Informationen z. B. vom LBEG oder von den Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörden konkretisiert werden. Die zuvor genannte Karte gilt für Bohrungen bis 200 m Tiefe. Bei Erdwärmesonden, die tiefer als 200 m unter Gelände eingebaut werden sollen, ist eine Einzelfallbetrachtung erforderlich.

Über die o. g. Gebiete hinaus können Untergrundverhältnisse oder wasserwirtschaftliche Aspekte auftreten, die nicht flächenhaft in der Karte dargestellt sind, aber eine Erdwärmenutzung einschränken oder die Bauausführung der Bohrung erschweren können. Diese sind in den Kapiteln 6.1.12 bis 6.1.15 aufgeführt. Eine diesbezügliche Prüfung erfolgt im Rahmen des Anzeige- oder Zulassungsverfahrens durch die Unteren Wasserbehörden.

Außerdem können Einflüsse von Altlasten, Bodenkontaminationen oder Grundwasserverunreinigungen zu einer eingeschränkten Nutzung beziehungsweise zum Versagen der Zulassung führen. In diesen Fällen muss eine Einzelfallbetrachtung erfolgen. Verbindliche Informationen zu Altlasten, Altablagerungen, Boden- oder Grundwasserverunreinigungen sind bei den Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörden der Landkreise und kreisfreien Städte verfügbar. Des Weiteren können durch eine Kampfmittel-freigabe nach Luftbildauswertung beim Kampfmittelbeseitigungsdienst Hannover und durch das Einholen von Informationen über Leitungstrassen bei den Leitungsbetreibern/Ver- und Entsorgungsträgern weitere Einschränkungen ausgeschlossen werden.

6.1.2. Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete

Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete sind in unterschiedliche Zonen eingeteilt. Je nach Zonierung gelten hier unterschiedliche Regelungen für die Nutzung von Erdwärmesonden. Verbindliche Informationen zu Wasserschutzgebieten, Wasservorranggebieten und Heilquellenschutzgebieten sind bei den Unteren Wasserbehörden verfügbar.

Trinkwasserschutzgebiet Zone I, II

Zur Sicherung der Trinkwassergewinnung sind die Zonen I (Fassungsbereich) und II (Engere Schutzzone) vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen zu schützen (DVGW W 101). Die Nutzung von Erdwärme ist in diesen Gebieten nach der jeweiligen örtlichen Schutzgebietsverordnung in Verbindung mit § 2 Abs. 1 und Nr. 12 der Anlage der SchuVO verboten.

Heilquellenschutzgebiet Zone I, II, A

Zur Sicherung von Heilquellen sind die Zonen I (Fassungsbereich) und II (Engere Schutzzone bzw. qualitative Zone A) vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen zu schützen. Die Nutzung von Erdwärme ist in diesen Gebieten nach Maßgabe der jeweiligen Schutzgebietsverordnung verboten.

Trinkwasserschutzgebiet Zone III, IIIA, IIIB, Heilquellenschutzgebiete Zone III, III/1, III/2, B

In Trinkwasserschutzgebieten und Heilquellenschutzgebieten besteht eine besondere Schutzbedürftigkeit des Grundwassers, die über den allgemeinen Grundwasserschutz hinausgeht. Daher ist die relative Lage eines Vorhabenstandorts zu Wassergewinnungsanlagen und

deren festgesetzten oder im Festsetzungsverfahren befindlichen Schutzgebieten zu berücksichtigen (Abb. 8). Grundsätzlich ist bei der Errichtung von Erdwärmeanlagen in Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten eine Beteiligung des GLD (über das LBEG) durch die zuständige Untere Wasserbehörde erforderlich. Die Bewertung von Erdwärmesondenanlagen in den einzelnen Schutzgebieten stellt sich wie folgt dar:

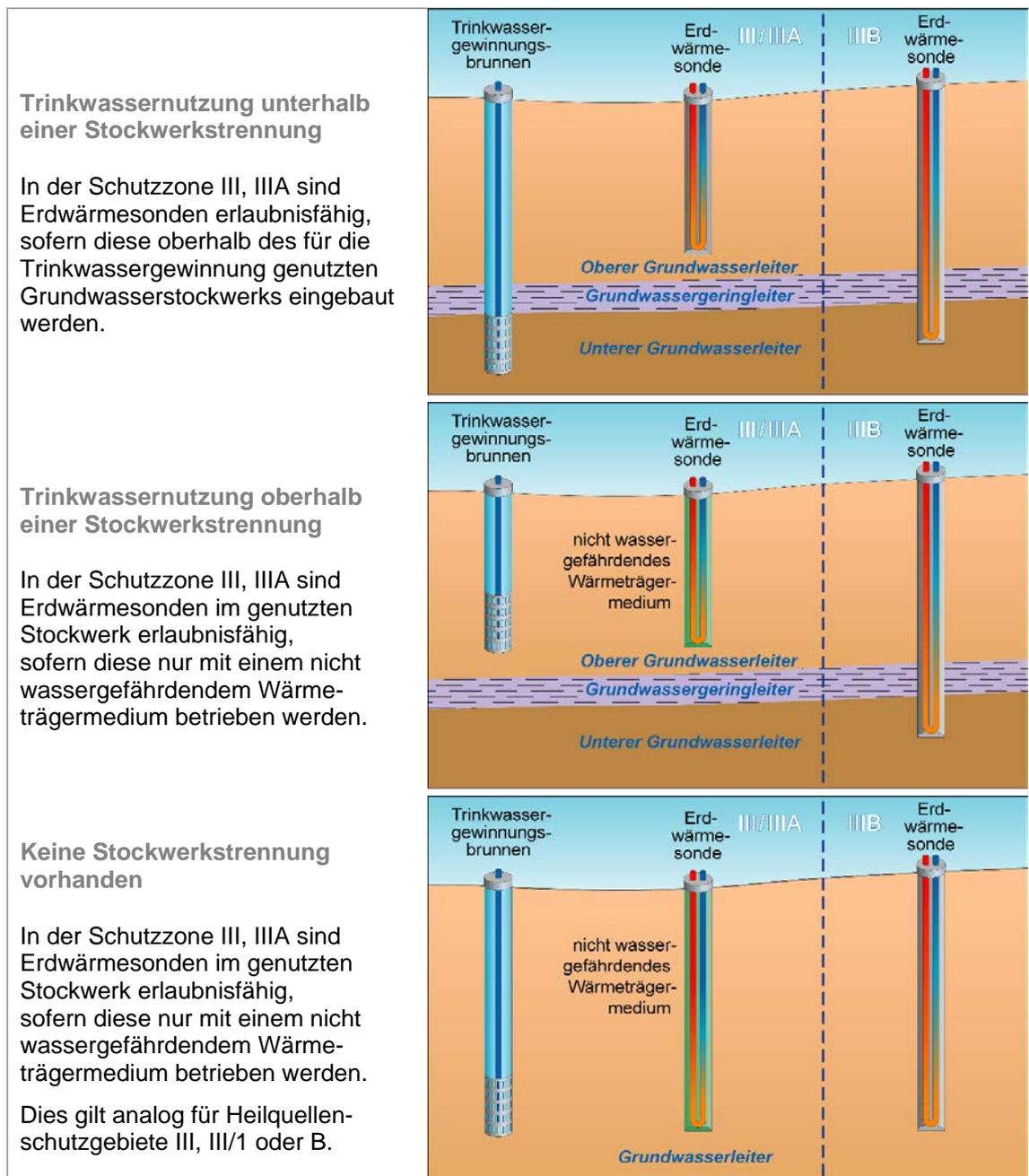


Abb. 8: Erlaubnisfähigkeit von Erdwärmesonden in Trinkwasserschutzgebieten Zone III/IIIA, IIIB.

Ein Durchbohren stockwerkstrennender Schichten zur Erdwärmenutzung ist nur in Zone IIIB erlaubnisfähig, sofern dies unter Berücksichtigung der Schutzwürdigkeit regional bedeutender stockwerkstrennender Schichten aus wasserwirtschaftlicher Sicht vertretbar ist. In der Schutzzone IIIB können Erdwärmesonden im für die Trinkwassergewinnung genutzten Stockwerk auch mit Wärmeträgermitteln betrieben werden, die in gewissem Grade wassergefährdend sind (vgl. Kap. 2.3.2). Dies gilt analog für Heilquellenschutzgebiete Zone III/2.

Mögliche Empfehlungen:

- Gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro,
Aufgaben des Fachbüros:
 - die Überwachung des Einhaltens der Auflagen und sonstigen Nebenbestimmungen, die mit der Zulassung verbunden sind,
 - Beschreibung der während des Abteufens der Bohrung angetroffenen Horizonte und Aufnahme des Ruhewasserspiegels möglicher lokal ausgebildeter Grundwasserstockwerke,
 - die Überwachung der sachgerechten Ausführung der Bohrarbeiten, insbesondere der ordnungsgemäßen Durchführung der Verfüllung mit einem für geothermische Zwecke geeigneten Verfüllmaterial,
 - die Überwachung und Dokumentation einer möglichen Bohrtiefenbegrenzung.
- Bohrtiefenbegrenzung, wenn ein hydrogeologisch bedeutsamer Trennhorizont in der Zone III/IIIA bzw. III/1 bekannt ist, um ein Durchbohren stockwerkstrennender Schichten auszuschließen; oberhalb der stockwerkstrennenden Schichten ist der Betrieb der Erdwärmesonden mit zulässigen Wärmeträgermitteln möglich, sofern die Trink-/Heilquellenwasserförderung aus dem tieferen Grundwasserstockwerk erfolgt,
- Betrieb der Anlage mit nicht wassergefährdendem Wärmeträgermedium (z. B. Wasser) in der Zone III/IIIA bzw. III/1, um im Fall einer Leckage der Erdwärmesonde eine Kontamination des Rohwassers auszuschließen.

6.1.3. Trinkwasserschutzgebiet im Verfahren

Wenn das Verfahren zur Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten noch nicht abgeschlossen ist, prüft die Untere Wasserbehörde, ob das Schutzziel durch die Nutzung von Erdwärme gefährdet werden wird. Analog zur o. g. Gliederung der Trinkwasserschutzzonen (Kap. 6.1.2) kann die Nutzung von Erdwärme untersagt oder ggf. mit Auflagen genehmigt werden.

Mögliche Empfehlungen:

- Gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro,
Aufgaben des Fachbüros:
 - die Überwachung des Einhaltens der Auflagen und sonstigen Nebenbestimmungen, die mit der Zulassung verbunden sind,
 - Beschreibung der während des Abteufens der Bohrung angetroffenen Horizonte und Aufnahme des Ruhewasserspiegels möglicher lokal ausgebildeter Grundwasserstockwerke,
 - die Überwachung der sachgerechten Ausführung der Bohrarbeiten, insbesondere der ordnungsgemäßen Durchführung der Verfüllung mit einem für geothermische Zwecke geeigneten Verfüllmaterial,
 - die Überwachung und Dokumentation einer möglichen Bohrtiefenbegrenzung.
- Ist eine Gliederung von Schutz zonen bereits erfolgt, gelten die unter Kapitel 6.1.2 aufgelisteten Empfehlungen.
- Existiert bisher nur eine hydrogeologische Abgrenzung, aber keine Gliederung der Schutz zonen, erfolgt eine Zuordnung zu den Schutz zonen wie folgt (es gelten die unter Kapitel 6.1.2 aufgelisteten Empfehlungen):
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmehorizont von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluffgrundwasserleitern analog Zone I und II (DVGW W 101),
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmehorizont von mindestens 1.000 m analog Zone III/IIIA (DVGW W 101),

- innerhalb der Abgrenzung weiter als 1.000 m vom Entnahmebrunnen entfernt analog der Zone IIIB.

6.1.4. Vorranggebiet Trinkwassergewinnung gemäß LROP, Trinkwassergewinnungsgebiete

Im Landesraumordnungsprogramm (LROP) sind Vorranggebiete zur Trinkwassergewinnung ausgewiesen, um die Deckung des gegenwärtigen und künftigen Bedarfs der öffentlichen Trinkwasserversorgung sicherzustellen. Trinkwassergewinnungsgebiete, d. h. Gebiete, in denen bereits eine Trinkwasserförderung stattfindet, die aber nicht als Schutzgebiet ausgewiesen sind, sind ebenfalls im LROP als „Vorranggebiete Trinkwassergewinnung“ ausgewiesen. Ferner sind Einzugsgebiete von Heilquellen, die kein Schutzgebiet aufweisen, berücksichtigt. Trinkwasserbrunnen, für die noch keine hydrogeologische Abgrenzung existiert, werden in Kapitel 6.1.14 behandelt.

Die Untere Wasserbehörde wägt im Rahmen des Antragsverfahrens ab, ob die Erteilung einer Erlaubnis ggf. mit zusätzlichen Auflagen erfolgt.

Mögliche Empfehlungen:

- Gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro,

Aufgaben des Fachbüros:

- die Überwachung des Einhaltens der Auflagen und sonstigen Nebenbestimmungen, die mit der Zulassung verbunden sind,
- Beschreibung der während des Abteufens der Bohrung angetroffenen Horizonte und Aufnahme des Ruhewasserspiegels möglicher lokal ausgebildeter Grundwasserstockwerke,
- die Überwachung der sachgerechten Ausführung der Bohrarbeiten, insbesondere der ordnungsgemäßen Durchführung der Verfüllung mit einem für geothermische Zwecke geeigneten Verfüllmaterial,
- die Überwachung und Dokumentation einer möglichen Bohrtiefenbegrenzung.

- Existiert bereits eine Trinkwassergewinnung, gelten die unter Kapitel 6.1.3 aufgelisteten Empfehlungen.

6.1.5. Gefährdungsbereich durch artesische Grundwasserverhältnisse

Bei artesischen Verhältnissen, die z. B. in Flussniederungen und in Niederungsgebieten des Berglandes auftreten können, ist mit Schwierigkeiten beim Abteufen und Verfüllen der Bohrung zu rechnen. Das an der Geländeoberfläche austretende Grundwasser kann zu Materialaustrag, Ausspülungen, Kolkbildungen oder Nachbrechen an der Oberfläche führen, so dass die Bohrarbeiten nur mit großem Aufwand ordnungsgemäß weitergeführt und abgeschlossen werden können. Weiterführende Informationen zu artesischen Grundwasserverhältnissen in Niedersachsen gibt es auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3> – Themenkarte Hydrogeologie / Grundwasservorkommen und -neubildung / Arteser).

Mögliche Empfehlungen:

- Aufstellung eines Konzeptes hinsichtlich des Umgangs mit artesischen Druckverhältnissen: Darstellung geeigneter technischer Sicherungsmaßnahmen (z. B. ausreichende Verrohrung, Verschlusskappe/Preventer, kontrollierter Ablauf, Manometer, Beschwerungsmittel, Einbaugestänge etc.) und Vorhaltung der geeigneten Ausrüstung für den gesamten Zeitraum vom Bohrbeginn bis zur vollständigen Verfüllung der Bohrung(en) auf der Baustelle,
- Bohrtiefenbegrenzung, wenn ein hydrogeologisch bedeutsamer Trennhorizont über dem artesisch gespannten Grundwasserleiter bekannt ist,
- Gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro,

Aufgaben des Fachbüros:

- die Überwachung des Einhaltens der Auflagen und sonstigen Nebenbestimmungen, die mit der Zulassung verbunden sind,

- Beschreibung der während des Abteufens der Bohrung angetroffenen Horizonte und Aufnahme des Ruhewasserspiegels möglicher lokal ausgebildeter Grundwasserstockwerke,
 - die Überwachung der sachgerechten Ausführung der Bohrarbeiten, insbesondere der ordnungsgemäßen Durchführung der Verfüllung mit einem für geothermische Zwecke geeigneten Verfüllmaterial,
 - die Überwachung und Dokumentation einer möglichen Bohrtiefenbegrenzung.
- Einsatz von dotiertem Verfüllmaterial mit einer automatischen Abdichtungskontrolle, um die Qualität der Abdichtung beim Verfüllvorgang zu kontrollieren.

6.1.6. Gefährdungsbereich durch Erdfälle

Die Wechselwirkung von Sickerwasser und Grundwasser mit leicht wasserlöslichen Gesteinen (z. B. Sulfatgesteinen) kann zu Senkungen an der Geländeoberfläche und zu Hohlräumen im Untergrund führen. Beim Einsturz dieser Hohlräume können Erdfälle an der Erdoberfläche entstehen. Am Standort besteht durch eine Bohrtätigkeit die Gefahr der Entstehung neuer Erdfälle, der Reaktivierung oder Ausweitung bekannter Erdfälle bzw. bisher unbekannter fossiler oder bereits verfüllter Erdfälle.

Ein ordnungsgemäßer Bau von Erdwärmeanlagen ist an diesen Standorten mit Risiken verbunden und möglicherweise nicht zu gewährleisten. In der Regel wird von einer Bohrung in diesen Gebieten abgeraten. Ob die Nutzung von Erdwärme in diesen Gebieten erlaubnisfähig ist, entscheidet die Untere Wasserbehörde im Rahmen der wasserrechtlichen Einzelfallprüfung. Weiterführende Informationen zu erdfallgefährdeten Bereichen in Niedersachsen gibt es auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3> – Themenkarte Ingenieurgeologie / Gefahrenhinweiskarten / Erdfall- und Senkungsgebiete).

Mögliche Empfehlungen:

- Aufstellung eines Konzeptes hinsichtlich geeigneter technischer Sicherungsmaßnahmen (z. B. Packer, ausreichendes Verrohrungsmaterial etc.) und Vorhaltung der geeigneten Ausrüstung für den gesamten

Zeitraum vom Bohrbeginn bis zur vollständigen Verfüllung der Bohrung(en) auf der Baustelle,

- gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro in Abhängigkeit von der Erdfallgefährdungskategorie,

Aufgaben des Fachbüros:

- die Überwachung des Einhaltens der Auflagen und sonstigen Nebenbestimmungen, die mit der Zulassung verbunden sind,
 - Beschreibung der während des Abteufens der Bohrung angetroffenen Horizonte und Aufnahme des Ruhewasserspiegels möglicher lokal ausgebildeter Grundwasserstockwerke,
 - die Überwachung der sachgerechten Ausführung der Bohrarbeiten, insbesondere der ordnungsgemäßen Durchführung der Verfüllung mit einem für geothermische Zwecke geeigneten Verfüllmaterial.
- Betrieb der Anlage mit nicht wassergefährdendem Wärmeträgermedium (z. B. Wasser) in Abhängigkeit von der Erdfallgefährdungskategorie (https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/160235/Hinweise_zum_Umgang_mit_Subrosionsgefahren.pdf).

6.1.7. Gefährdungsbereich durch Bergbau und Kohlenwasserstoff-Lagerstätten oder -Speicher

In den flächenhaft ausgewiesenen Einwirkungsbereichen von aktuellem oder ehemaligem Bergbau sind Hohlräume oder Auflockerungszonen im Untergrund zu erwarten, in denen ein ordnungsgemäßer Bau von Erdwärmeanlagen nicht oder nur mit erhöhtem Aufwand zu gewährleisten ist. In Bereichen oberflächennaher Erdöl-/Erdgaslagerstätten oder Erdgasspeicher können Gas- oder Ölvorkommen bzw. ölführende Schichten bei der Bohrung angetroffen werden. Ob die Nutzung von Erdwärme in diesen Gebieten erlaubnisfähig ist, entscheidet die Untere Wasserbehörde im Rahmen der wasserrechtlichen Einzelfallprüfung.

Mögliche Empfehlungen:

- Bohrtiefenbegrenzung, um zu vermeiden, dass die geplanten Bohrungen in den Einwirkungsbereich des ehemaligen oder aktuellen Bergbaus bzw. in Bereiche oberflächennaher Erdöl-/Erdgaslagerstätten oder Erdgasspeicher eindringen,
- Aufstellung eines Konzeptes hinsichtlich geeigneter technischer Sicherungsmaßnahmen (z. B. Preventersysteme, Einzementieren des Standrohres, Vorhalten von Beschwerungsmittel, Gebläse oder Ableitungs- und Degaser-/Abfackelsystem, Packer, ausreichendes Verrohrungsmaterial etc.) und Vorhaltung der geeigneten Ausrüstung für den gesamten Zeitraum vom Bohrbeginn bis zur vollständigen Verfüllung der Bohrung(en) auf der Baustelle,
- Erstellen von Notfallplänen vor Bohrbeginn,
- Überwachung der Bohrstelle mit einem Gaswarngerät für die zu erwartenden Gase (Alarmschwellen der Gaskonzentrationen z. B. bei CO₂ 0,55 Vol.-%, CH₄ 1,0 Vol.-%, H₂S 10 ppm).

6.1.8. Salzstockhochlage

An der Oberfläche von Salzstrukturen kann die Wechselwirkung von Sicker-/Grundwasser mit leicht wasserlöslichen Gesteinen (z. B. Salinar- und Sulfatgesteine) zu Hohlräumen und Auflockerungszonen im Untergrund führen. Diese können bohrtechnisch nur mit großem Aufwand beherrscht werden. Des Weiteren können Quellprozesse (vgl. Kap. 6.1.9) nicht ausgeschlossen werden. Der Bau und die Nutzung von Erdwärmeanlagen bergen hier erhebliche Risiken. Ob die Nutzung von Erdwärme in diesen Gebieten zulassungsfähig ist, entscheidet die Untere Wasserbehörde im Rahmen der wasserrechtlichen Einzelfallprüfung. Weiterführende Informationen zu Salzstockhochlagen in Niedersachsen gibt es auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3> – Themenkarte Ingenieurgeologie / Gefahrenhinweiskarten / Erdfall- und Senkungsgebiete).

Mögliche Empfehlungen:

- Bohrtiefenbegrenzung oberhalb der zu erwartenden Tiefe des Sulfatgesteins, um zu vermeiden, dass die geplanten Bohrungen in den Bereich mit leicht wasserlöslichen Gesteinen eindringen, sofern nicht durch

die Auswahl eines geeigneten Bohrverfahrens prinzipiell ausgeschlossen werden kann, dass Wasserwegsamkeiten zwischen grundwasserführenden Schichten und sulfatführendem Gestein entstehen können.

Bei Antreffen von sulfatführenden Gesteinen (Gips/Anhydrit) bereits in geringerer Tiefe: kein weiteres Vertiefen der Bohrung und Abdichten bis mindestens einen Meter oberhalb des sulfathaltigen Gesteins mit sulfatbeständigem Verfüllmaterial oder einer sulfatbeständigen Tonsperre. Es ist sicher auszuschließen, dass Wasser nach Verfüllung der Bohrung in die sulfatführenden Gesteinsschichten gelangen kann. Oberhalb der eingebauten Abdichtung kann die Bohrung genutzt werden.

Dauerhaft dichtes, setzungsfreies und sulfatbeständiges Verfüllen des Bohrlochs nach Beendigung der Bohrarbeiten am selben Tag, sofern Sulfatgestein angetroffen wurde,

- gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro,

Aufgaben des Fachbüros:

- die Überwachung des Einhaltens der Auflagen und sonstigen Nebenbestimmungen, die mit der Zulassung verbunden sind,
- Beschreibung der während des Abteufens der Bohrung angetroffenen Horizonte und Aufnahme des Ruhewasserspiegels möglicher lokal ausgebildeter Grundwasserstockwerke,
- die Überwachung der sachgerechten Ausführung der Bohrarbeiten, insbesondere der ordnungsgemäßen Durchführung der Verfüllung mit einem für geothermische Zwecke geeigneten und sulfatbeständigen Verfüllmaterial,
- die Überwachung und Dokumentation der Bohrtiefenbegrenzung im Falle des Antreffens von Sulfatgestein.

6.1.9. Gefährdungsbereich durch Sulfatgesteinsverbreitung

Bei Calcium-Sulfat-Gesteinen ist zwischen dem wasserfreien Anhydrit und dem wasserhaltigen Gips zu unterscheiden. Durch Zutritt von Wasser kann sich Anhydrit – unter einer Volumenzunahme von bis zu 60 % – in Gips umwandeln. Durch diese Volumenzunahme kann die Funktionsfähigkeit eines Erdwärmesondensystems eingeschränkt werden bzw. vollständig verlorengehen. Des Weiteren können nachteilige Veränderungen für das Grundwasserfließverhalten entstehen. Auch die Bildung von Geländehebungen, die über die unmittelbare Umgebung des Bohransatzpunktes hinausreichen können, und damit verbundene Beschädigungen von Gebäuden und Infrastruktur sind nicht auszuschließen. Darüber hinaus sind Gips und Anhydrit wasserlöslich und werden im Laufe der Zeit vom Sicker-/Grundwasser gelöst. Der Bau und die Nutzung von Erdwärmeanlagen können hier erhebliche Risiken bergen; diese sind von der Unteren Wasserbehörde im Einzelfall zu prüfen. Weiterführende Informationen zu Gefährdungsbereichen durch Sulfatgestein in Niedersachsen gibt es auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3> – Themenkarte Geologie / Sulfatgesteinsverbreitung) sowie in REYER & SCHÖNER (2016) und GRIMM et al. (2014).

Mögliche Empfehlungen:

- Bohrtiefenbegrenzung auf das erste Antreffen von Sulfatgestein oder oberhalb der zu erwartenden Tiefe des Sulfatgesteins, um zu vermeiden, dass die geplanten Bohrungen in den Bereich mit leicht wasserlöslichen Gesteinen eindringen, sofern nicht durch die Auswahl eines geeigneten Bohrvorgangs prinzipiell ausgeschlossen werden kann, dass Wasserwegsamkeiten zwischen grundwasserführenden Schichten und sulfatführendem Gestein entstehen können.

Bei Antreffen von sulfatführenden Gesteinen (Gips/Anhydrit) bereits in geringerer Tiefe: kein weiteres Vertiefen der Bohrung und Abdichten bis mindestens einen Meter oberhalb des sulfathaltigen Gesteins mit sulfatbeständigem Verfüllmaterial oder einer sulfatbeständigen Tonsperre. Es ist sicher auszuschließen, dass Wasser nach Verfüllung der Bohrung in die sulfatführenden Gesteinsschichten gelangen kann.

Oberhalb der eingebauten Abdichtung kann die Bohrung genutzt werden.

Dauerhaft dichtes, setzungsfreies und sulfatbeständiges Verfüllen des Bohrlochs nach Beendigung der Bohrarbeiten am selben Tag, sofern Sulfatgestein angetroffen wurde,

- gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro,

Aufgaben des Fachbüros:

- die Überwachung des Einhaltens der Auflagen und sonstigen Nebenbestimmungen, die mit der Zulassung verbunden sind,
- Beschreibung der während des Abteufens der Bohrung angetroffenen Horizonte und Aufnahme des Ruhewasserspiegels möglicher lokal ausgebildeter Grundwasserstockwerke,
- die Überwachung der sachgerechten Ausführung der Bohrarbeiten, insbesondere der ordnungsgemäßen Durchführung der Verfüllung mit einem für geothermische Zwecke geeigneten und sulfatbeständigen Verfüllmaterial,
- die Überwachung und Dokumentation der Bohrtiefenbegrenzung im Falle des Antreffens von Gips/Anhydrit.

6.1.10. Festgesteinsverbreitung mit möglichem Grundwasserstockwerksbau

Im südniedersächsischen Bergland sind sehr wechselhafte hydrogeologische Verhältnisse, mit z. T. kleinräumig wechselnden hydraulischen Bedingungen und komplexem Grundwasserstockwerksbau weit verbreitet. Aufgrund der Druckverhältnisse ist das Grundwasser oft gespannt bis artesisch gespannt. Grundwasserleiter sind häufig geklüftet oder verkarstet. Wird durch eine Bohrung zur Errichtung einer Erdwärmeanlage eine hydraulische Verbindung zweier ansonsten weiträumig getrennter Grundwasserstockwerke verursacht, so führt dies bei unterschiedlichen hydraulischen Druckhöhen und einer unzureichenden Abdichtung des Bohrlochs zu einem Übertritt von Wasser aus einem in das andere Stockwerk. Insbesondere

bei unterschiedlicher Beschaffenheit der Grundwässer oder vorhandenen Grundwasserverunreinigungen ist eine solche Stockwerksverbindung kritisch zu beurteilen. Die Schaffung derartiger hydraulischer Verbindungen kann zu Schädigungen führen, die eine spätere Nutzung der betroffenen Stockwerke, zum Beispiel zur Trinkwassergewinnung, nicht mehr zulassen, und muss daher verhindert werden. Damit ist es notwendig, die Möglichkeiten zur Nutzung von Erdwärme im Einzelfall durch die Untere Wasserbehörde zu prüfen. Das Erfordernis, getrennte Grundwasserstockwerke besonders zu berücksichtigen, kann prinzipiell auch in Lockergesteinen auftreten.

Mögliche Empfehlungen:

- Bohrtiefenbegrenzung bis in den trennenden Geringleiter, um einen hydraulischen Kontakt der Grundwasserstockwerke zu verhindern,
- Mitführen einer wirksamen Schutzverrohrung bis in den trennenden Geringleiter, um einen hydraulischen Kontakt der Grundwasserstockwerke zu verhindern,
- Einsatz von dotiertem Verfüllmaterial mit einer automatischen Abdichtungskontrolle, um die Qualität der Abdichtung beim Verfüllvorgang zu kontrollieren,
- geophysikalische Vermessung der Bohrung mit geeigneten Methoden (nach DVGW W 110), sofern Tiefenlage und Mächtigkeit eines regional bedeutsamen Geringleiters am Standort nicht bekannt sind.

6.1.11. Grundwasserversalzung

Die erhöhte Mineralisation von Grundwasser („Grundwasserversalzung“) vor allem durch Natriumchlorid, Calciumchlorid, Magnesiumchlorid sowie Calciumsulfate und Magnesiumsulfat kann auch für die Erdwärmennutzung zu Einschränkungen führen. Dies ist insbesondere der Fall, wenn Grundwässer mit unterschiedlicher Beschaffenheit durch regional verbreitete Grundwassergeringleiter voneinander getrennt werden. Durch eine Bohrung kann es zur Vermischung von versalztem Grundwasser und nutzbaren Grundwasserressourcen kommen. Dies kann eine spätere Nutzung einschränken und muss daher verhindert werden. Des Weiteren kann durch versalztes Grund-

wasser die Funktionsfähigkeit der Ringraumverfüllung beeinträchtigt werden. Die Möglichkeiten zur Nutzung von Erdwärme ist im Einzelfall durch die Untere Wasserbehörde zu prüfen. Weiterführende Informationen zu Grundwasserversalzungsgebieten in Niedersachsen gibt es auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3> – Themenkarte Hydrogeologie / Versalzung des Grundwassers).

Mögliche Empfehlungen:

- Bohrtiefenbegrenzung bis in den trennenden Geringleiter, um einen hydraulischen Kontakt der Grundwasserstockwerke zu verhindern,
- Einsatz von sulfatbeständigem Verfüllmaterial.

6.1.12. Hoch durchlässige Fest- und Lockergesteine

In hoch durchlässigen Grundwasserleitern (z. B. mehrere Meter mächtigen Kieslagen, Kluftzonen oder Verkarstungsbereichen) ist mit Schwierigkeiten beim Abteufen der Bohrung infolge von Spülungsverlusten, die erheblich sein können, zu rechnen. Des Weiteren kann es zu Problemen bei der Verfüllung der Bohrungen kommen.

Mögliche Empfehlungen:

- Aufstellung eines Konzeptes hinsichtlich geeigneter technischer Sicherungsmaßnahmen (z. B. Packer, ausreichendes Verrohrungsmaterial etc.) und Vorhaltung der geeigneten Ausrüstung für den gesamten Zeitraum vom Bohrbeginn bis zur vollständigen Verfüllung der Bohrung(en) auf der Baustelle,
- Bohrtiefenbegrenzung oberhalb bekannter hoch durchlässigen Grundwasserleiter.

6.1.13. Gasvorkommen (z. B. Kohlenstoffdioxid, Methan, Schwefelwasserstoff)

Im Untergrund können neben Stoffen in flüssiger Phase wie Wasser auch Stoffe in Gasphase wie Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) oder Schwefelwasserstoff (H₂S) vorkommen. Diese Gase entstehen oft durch den Abbau von organischem Material und können sich unterhalb ge-

ring durchlässiger Gesteinsschichten ansammeln. Einige Gase wie CO₂ oder H₂S sind in höheren Konzentrationen gesundheitsschädlich und können ab einem gewissen Wert tödlich wirken. Neben den Gesundheitsgefahren können entzündliche Gase zu Bränden und Explosionen führen. Des Weiteren können durch plötzlich auftretende Gasausbrüche Schäden am Bohrgerät (z. B. Platzen von Schläuchen, Blowout des Bohrgestänges) entstehen. Insbesondere in Fällen, bei denen die Grundwasserströmung durch Gaslift (Aufstieg des Grundwassers durch hohe Gehalte von CO₂) beeinflusst ist, können auch kurzfristige Eingriffe durch Bohrungen zu nachhaltigen Veränderungen der Fließsysteme führen.

Mögliche Empfehlungen:

- Erstellen von Notfallplänen vor Bohrbeginn,
- Überwachung der Bohrstelle mit einem Gaswarngerät für die zu erwartenden Gase (Alarmschwellen der Gaskonzentrationen z. B. bei CO₂ 0,55 Vol.-%, CH₄ 1,0 Vol.-%, H₂S 10 ppm),
- Aufstellung eines Konzeptes hinsichtlich geeigneter technischer Sicherungsmaßnahmen (z. B. Preventersysteme, Einzementieren des Standrohres, Vorhalten von Beschwerungsmittel, Gebläse oder Ableitungs- und Degaser-/Abfackelsystem, Packer, ausreichendes Verrohrungsmaterial etc.) und Vorhaltung der geeigneten Ausrüstung für den gesamten Zeitraum vom Bohrbeginn bis zur vollständigen Verfüllung der Bohrung(en) auf der Baustelle.

6.1.14. Trinkwasserbrunnen, Notversorgungsbrunnen, Brunnen der Lebensmittelindustrie

Neben den öffentlichen Wassergewinnungsanlagen, bei denen i. d. R. ein Wasserschutzgebiet ausgewiesen ist, existieren weitere Wassergewinnungsanlagen zur Trinkwassergewinnung bzw. Lebensmittelherstellung ohne gesonderte Ausweisung schutzwürdiger Bereiche. Hierzu zählen:

- Öffentliche Trinkwasserbrunnen ohne hydrogeologische Abgrenzung: Diese Brunnen dienen der öffentlichen Trinkwassergewinnung,

haben aber weder ein ausgewiesenes Schutzgebiet noch ein festgelegtes Einzugsgebiet.

- Notversorgungsbrunnen: Diese Brunnen sollen in Notsituationen für einen planmäßig kurzen Zeitraum (i. d. R. 30–50 Tage) mit größeren Entnahmemengen betrieben werden.
- Brunnen der Lebensmittelindustrie entnehmen in der Regel dauerhaft größere Mengen.
- Private Trinkwasserbrunnen: Diese Hauswasserbrunnen weisen i. d. R. geringe Entnahmemengen auf und haben daher einen geringen Beeinflussungsbereich.

Diese Wassergewinnungsanlagen haben grundsätzlich Bestandsschutz. Ob die Nutzung von Erdwärme in diesen Gebieten empfohlen werden kann oder erlaubnisfähig ist, entscheidet die Untere Wasserbehörde im Rahmen der wasserrechtlichen Einzelfallprüfung.

Mögliche Empfehlungen:

- Öffentliche Trinkwasserbrunnen ohne hydrogeologische Abgrenzung:
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmebrunnen von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluftgrundwasserleitern analog Zone I und II (DVGW W 101, vgl. Kap. 6.1.2),
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmebrunnen von mindestens 1.000 m analog Zone III/IIIA (DVGW W 101, vgl. Kap. 6.1.2),
 - gutachterliche Begleitung der Bohr- und Verfüllarbeiten durch ein im Einvernehmen mit der Wasserbehörde ausgewähltes Fachbüro (vgl. Kap. 6.1.2).
- Notversorgungsbrunnen: Zur Sicherung der Wasserqualität gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung zum Entnahmebrunnen von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluftgrundwasserleitern die Empfehlungen analog Zone I und II (DVGW W 101).
- Brunnen der Lebensmittelindustrie: Zur Sicherung der Wasserqualität gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung zum Entnahmebrunnen von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluftgrundwasserleitern die Empfehlungen analog Zone I und II (DVGW W 101).

- Private Trinkwasserbrunnen (Hausversorgungsbrunnen): Einhaltung eines ausreichenden Abstandes zu den Hausversorgungsbrunnen zur Sicherung der Wasserqualität.

6.1.15. Brunnen der Mineralwassergewinnung

Ein natürliches Mineralwasser ist nach EG-Mineralwasserrichtlinie ein bakteriologisch einwandfreies Wasser, das seinen Ursprung in einem unterirdischen Quellvorkommen hat. Die amtliche Anerkennung prüft, ob das zu fördernde Mineralwasser sowie die Quelle natürlich geschützt sind. Mineralwasser kann – neben Heilwasser – als das qualitativ hochwertigste Grundwasser bezeichnet werden (ENGELHAUPT 2005). Beim Bau einer Erdwärmeanlage in einem Mineralwassereinzugsgebiet ist von der Unteren Wasserbehörde zu prüfen, ob Auswirkungen auf die Mineralwassergewinnung infolge der geplanten Erdwärmenutzung zu besorgen sind.

Mögliche Empfehlungen:

- Zur Sicherung der Wasserqualität des Mineralwasserbrunnens gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung von 100 m zum Entnahmebrunnen innerhalb des Mineralwassereinzugsgebietes die Empfehlungen analog zur Trinkwasserschutzzone I und II (Kap. 6.1.2).
- Zur Sicherung der Wasserqualität des Mineralwasserbrunnens gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung von 1.000 m zum Entnahmebrunnen innerhalb des Mineralwassereinzugsgebietes die Empfehlungen analog zur Trinkwasserschutzzone III/IIIA (Kap. 6.1.2), wenn das Mineralwassereinzugsgebiet gutachterlich abgegrenzt und der Unteren Wasserbehörde bekannt ist.

6.2. Standortfaktoren für Erdwärmekollektorsysteme

6.2.1. Einfluss der Standortfaktoren auf die wasserrechtliche Beurteilung

Die Beurteilung der Standortfaktoren für Erdwärmekollektoren erfolgt anhand bodenkundlicher Gegebenheiten und der hydrogeologischen Situation (z. B. Abstand der Erdwärmekollektoren zur Grundwasseroberfläche) sowie der Lage des Vorhabens in Trinkwasserschutz- oder -gewinnungsgebieten oder Heilquellenschutzgebieten. Hieraus können sich Einschränkungen für die Nutzung der Erdwärme ergeben.

Die hydrogeologische Beurteilung erfolgt im Hinblick auf die mögliche Beeinflussung des Grundwassers durch eine Verminderung des Rückhaltevermögens der grundwasserschützenden Deckschichten durch Bodenarbeiten beim Einbau des Kollektors/der Kollektoren oder eine Leckage des Kollektors/der Kollektoren. Sie stellt keine Bewertung der Effizienz der Erdwärmekollektoranlage in einem bestimmten Gebiet dar. In den Kapiteln 6.2.2 bis 6.2.6 sind die Einschränkungsgründe näher erläutert, die auf der Karte „Nutzungsbedingungen oberflächennaher Geothermie – Erdwärmekollektoren“ ausgewiesen sind. Ob sich diese Einschränkungsgründe auf ein Bauvorhaben auswirken, kann durch das Einholen von weitergehenden Informationen, z. B. vom LBEG oder von den Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörden, konkretisiert werden. Die zuvor genannte Karte gilt für Erdwärmekollektoren, die laut Definition (s. Kap. 2.3.3) bis maximal 5 m Tiefe eingebaut werden. Über die o. g. Gebiete hinaus können Untergrundverhältnisse oder wasserwirtschaftliche Aspekte auftreten, die nicht flächenhaft in den Karten dargestellt sind, aber eine Erdwärmenutzung mit Erdwärmekollektoren einschränken können. Diese sind in den Kapiteln 6.2.7 und 6.2.8 aufgeführt. Eine diesbezügliche Prüfung erfolgt im Rahmen des Anzeige-/Zulassungsverfahrens durch die Unteren Wasserbehörden.

Außerdem können Einflüsse von Altlasten, Bodenkontamination, Altbergbau oder Grundwasserunreinigungen zu einer eingeschränkten Nutzung beziehungsweise zum Versagen der Zulassung führen. In diesen Fällen muss eine Einzelfallbetrachtung erfolgen. Verbindliche Informationen zu Altlasten, Altablagerungen, Alt-

bergbau, Boden- oder Grundwasserverunreinigungen sind bei den Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörden der Landkreise und kreisfreien Städte bzw. beim LBEG verfügbar.

6.2.2. Grundwasserflurabstand < 2 m und < 5 m

Erdwärmekollektoren sollten entweder oberhalb des Grundwasserspiegels eingebaut werden oder in eine Ummantelung von bindigem Material, das, ähnlich wie bei Erdwärmesonden, bei Eintritt eines Schadensfalls den potenziellen Wärmeträgermittelverlust hemmt.

In Gebieten mit geringem Grundwasserflurabstand (< 2 m bzw. < 5 m Abstand von der Geländeoberkante zum Grundwasser) ist zu prüfen, ob die Einbautiefe des Erdwärmekollektors unterhalb des zu erwartenden Grundwasserspiegels liegt. Bei der Standortbeurteilung spielt die Bauform der Kollektoren eine Rolle: Flächenkollektoren erreichen im Standardfall hierbei geringere Bautiefen (< 2 m unter Gelände) als Spiralsonden, Korb- oder Grabenkollektoren (bis zu 5 m unter Gelände).

Mögliche Empfehlungen:

- bei Verlegung im Grundwasser: allseitige Ummantelung der Kollektorrohre mit grundwasserunschädlichem Dichtmaterial, um im Falle einer Leckage die Ausbreitung der Wärmeträgerflüssigkeit in das Grundwasser zu verhindern bzw. deutlich einzuschränken,
- bei Verlegung im Grundwasser: Betrieb der Anlage mit nicht wassergefährdendem Wärmeträgermedium (z. B. Wasser, Propan), wenn eine Ummantelung der Kollektorrohre nicht möglich ist,
- bei Verlegung im Grundwasser: Nachweis über Eigenschaften des Dichtmaterials (Baustoffprüfung nach DIN EN ISO 17892-11) bei Einsatz von nicht industriell gefertigtem Material.

6.2.3. Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete

Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete sind in unterschiedliche Zonen eingeteilt. Je nach Zonierung gelten hier unterschiedliche Regelungen für die Nutzung von Erdwärmekollek-

toren. Verbindliche Informationen zu Wasserschutzgebieten, Wasservorranggebieten und Heilquellenschutzgebieten sind bei den Unteren Wasserbehörden verfügbar.

Trinkwasserschutzgebiet Zone I, II – unzulässig

Zur Sicherung der Trinkwassergewinnung sind die Zonen I (Fassungsbereich) und II (Engere Schutzzone) vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen zu schützen (DVGW W 101). Die Nutzung von Erdwärme ist in vielen Fällen in diesen Gebieten entweder nach der jeweiligen örtlichen Schutzgebietsverordnung oder nach § 2 Abs. 1 und Nr. 12 der Anlage der SchuVO verboten.

Heilquellenschutzgebiet Zone I, II, A – unzulässig

Zur Sicherung von Heilquellen sind die Zonen I (Fassungsbereich) und II (Engere Schutzzone bzw. qualitative Zone A) vor jeglichen Verunreinigungen und Beeinträchtigungen zu schützen. Die Nutzung von Erdwärme ist in diesen Gebieten nach Maßgabe der jeweiligen Schutzgebietsverordnung nicht erlaubnisfähig.

Trinkwasserschutzgebiet Zone III, IIIA, IIIB, Heilquellenschutzgebiete Zone III, III/1, III/2, B

In Trinkwasserschutzgebieten und Heilquellenschutzgebieten besteht eine besondere Schutzbedürftigkeit des Grundwassers, die über den allgemeinen Grundwasserschutz hinausgeht. Daher ist die relative Lage eines Vorhabenstandorts zu Wassergewinnungsanlagen und deren festgesetzten oder im Festsetzungsverfahren befindlichen Schutzgebieten zu berücksichtigen. Grundsätzlich ist bei der Errichtung von Erdwärmeanlagen in Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten der GLD (über das LBEG) zu beteiligen. Die Bewertung von Erdwärmekollektoranlagen in den einzelnen Schutzgebietszonen stellt sich wie folgt dar:

Trinkwassernutzung unterhalb einer Stockwerkstrennung

In der Schutzzone III, IIIA und IIIB sind Erdwärmekollektoren erlaubnisfähig, sofern sie gemäß den Anforderungen in Anhang 1b eingebaut werden.

Trinkwassernutzung im Stockwerk der Kollektornutzung

In der Schutzzone III, IIIA sind Erdwärmekollektoren im genutzten Stockwerk erlaubnisfähig, sofern zwischen Kollektorsole und Grundwasser Oberfläche mindestens eine Verweilzeit des Sickerwassers nach DIN 19732 von 20 Tagen gegeben ist. Nach ILIEVA (2013) ist nach dieser Zeitspanne im oxischen Milieu Ethylenglykol vollständig abgebaut (typische norddeutsche Untergrundverhältnisse vorausgesetzt). Ist dies nicht gegeben, ist ein Kollektor nur erlaubnisfähig, sofern dieser nur mit einem nicht wassergefährdenden Wärmeträgermedium betrieben wird.

In der Schutzzone IIIB sind Erdwärmekollektoren erlaubnisfähig, sofern sie gemäß den Anforderungen in Anhang 1b und ggf. der Anforderungen aufgrund weiterer Standortfaktoren eingebaut werden.

Dies gilt analog für Heilquellenschutzgebiete III, III/1, III/2 oder B.

Mögliche Empfehlungen:

- Betrieb der Anlage mit nicht wassergefährdendem Wärmeträgermedium (z. B. Propan) in der Zone III/IIIA bzw. III/1, um eine Kontamination des Rohwassers auszuschließen,
- bei Verlegung im Grundwasser: allseitige Ummantelung der Kollektorrohre mit grundwasserunschädlichem Dichtmaterial, um im Falle einer Leckage die Ausbreitung der Wärmeträgerflüssigkeit in das Grundwasser zu verhindern bzw. deutlich einzuschränken,
- bei Verlegung im Grundwasser: Nachweis über Eigenschaften des Dichtmaterials (Baustoffprüfung nach DIN EN ISO 17892-11) bei Einsatz von nicht industriell gefertigtem Material,
- Einbau von sehr widerstandsfähigem qualitätsüberprüftem Rohrmaterial (z. B. PE-X).

6.2.4. Trinkwasserschutzgebiet im Verfahren

Wenn das Verfahren zur Ausweisung von Trinkwasserschutzgebieten noch nicht abgeschlossen ist, prüft die Untere Wasserbehörde, ob das Schutzziel durch die Nutzung von Erdwärme gefährdet werden wird. Analog zur o. g. Gliederung der Trinkwasserschutzzonen kann die Nutzung von Erdwärme untersagt oder ggf. mit Auflagen genehmigt werden.

Mögliche Empfehlungen:

- Betrieb der Anlage mit nicht wassergefährdendem Wärmeträgermedium (z. B. Wasser oder Propan) in der Zone III/IIIA bzw. III/1, um eine Kontamination des Rohwassers auszuschließen,
- bei Verlegung im Grundwasser: allseitige Ummantelung der Kollektorrohre mit grundwasserunschädlichem Dichtmaterial, um im Falle einer Leckage die Ausbreitung der Wärmeträgerflüssigkeit in das Grundwasser zu verhindern bzw. deutlich einzuschränken,
- bei Verlegung im Grundwasser: Nachweis über Eigenschaften des Dichtmaterials (Baustoffprüfung nach DIN EN ISO 17892-11) bei Einsatz von nicht industriell gefertigtem Material,
- Einbau von sehr widerstandsfähigem qualitätsüberprüftem Rohrmaterial (z. B. PE-X),
- Existiert bisher nur eine hydrogeologische Abgrenzung, aber keine Gliederung der Schutzzone, erfolgt eine Zuordnung zu den Schutzzone wie folgt (es gelten die unter Kapitel 6.2.3 aufgelisteten Empfehlungen):
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmehauptbrunnen von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluffgrundwasserleitern analog Zone I und II (DVGW W 101),
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmehauptbrunnen von mindestens 1.000 m analog Zone III/IIIA (DVGW W 101),
 - innerhalb der Abgrenzung weiter als 1.000 m vom Entnahmehauptbrunnen entfernt analog der Zone IIIB.

6.2.5. Vorranggebiet Trinkwassergewinnung gemäß LROP, Trinkwassergewinnungsgebiete

Im Landesraumordnungsprogramm (LROP) sind Vorranggebiete zur Trinkwassergewinnung ausgewiesen, um die Deckung des gegenwärtigen und künftigen Bedarfs der öffentlichen Trinkwasserversorgung sicherzustellen. Trinkwassergewinnungsgebiete, d. h. Gebiete, in denen bereits eine Trinkwasserförderung stattfindet, die aber nicht als Schutzgebiet ausgewiesen sind, sind ebenfalls im LROP als „Vorranggebiete Trinkwassergewinnung“ ausgewiesen. Ferner sind Einzugsgebiete von Heilquellen, die kein Schutzgebiet aufweisen, berücksichtigt. Trinkwasserbrunnen, für die noch keine hydrogeologische Abgrenzung existiert, werden in Kapitel 6.2.7 behandelt.

Die Untere Wasserbehörde wägt im Rahmen des Antragsverfahrens ab, ob die Erteilung einer Erlaubnis ggf. mit zusätzlichen Auflagen erfolgt.

Mögliche Empfehlungen:

- existiert bereits eine Trinkwassergewinnung, gelten die unter Kapitel 6.2.4 aufgelisteten Empfehlungen,
- bei Verlegung im Grundwasser: allseitige Ummantelung der Kollektorrohre mit grundwasserunschädlichem Dichtmaterial, um im Falle einer Leckage die Ausbreitung der Wärmeträgerflüssigkeit in das Grundwasser zu verhindern bzw. deutlich einzuschränken,
- bei Verlegung im Grundwasser: Betrieb der Anlage mit nicht wassergefährdendem Wärmeträgermedium (z. B. Wasser, Propan), wenn eine Ummantelung der Kollektorrohre nicht möglich ist,
- bei Verlegung im Grundwasser: Nachweis über Eigenschaften des Dichtmaterials (Baustoffprüfung nach DIN EN ISO 17892-11) bei Einsatz von nicht industriell gefertigtem Material.

6.2.6. Gefährdungsbereich durch Erdfälle

Die Wechselwirkung von Sicker-/Grundwasser mit leicht wasserlöslichen Gesteinen (z. B. Sulfatgesteinen) kann zu Senkungen an der Geländeoberfläche und zu Hohlräumen im Untergrund führen. Beim Einsturz dieser Hohlräume können Erdfälle an der Erdoberfläche entstehen. Am Standort besteht durch eine Bautätigkeit die Gefahr der Entstehung neuer Erdfälle, der Reaktivierung oder Ausweitung bekannter Erdfälle bzw. bisher unbekannter fossiler oder bereits verfallter Erdfälle.

Ein ordnungsgemäßer Bau von Erdwärmeanlagen ist an diesen Standorten mit Risiken verbunden und möglicherweise nicht zu gewährleisten. In der Regel wird von einem Bau in diesen Gebieten abgeraten. Ob die Nutzung von Erdwärme in diesen Gebieten erlaubnisfähig ist, entscheidet die Untere Wasserbehörde im Rahmen der wasserrechtlichen Einzelfallprüfung. Weiterführende Informationen zu erdfallgefährdeten Bereichen in Niedersachsen gibt es auf dem NIBIS®-Kartenserver (<https://nibis.lbeg.de/cardomap3> – Themenkarte Ingenieurgeologie / Gefahrenhinweiskarten / Erdfall- und Senkungsgebiete).

Mögliche Empfehlungen:

- Betrieb der Anlage mit nicht wassergefährdendem Wärmeträgermedium (z. B. Propan) in Abhängigkeit von der Erdfallgefährdungskategorie (https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/160235/Hinweise_zum_Umgang_mit_Subrosionsgefahren.pdf),
- bei Verlegung im Grundwasser: allseitige Ummantelung der Kollektorrohre mit grundwasserunschädlichem Dichtmaterial, um im Falle einer Leckage die Ausbreitung der Wärmeträgerflüssigkeit in das Grundwasser zu verhindern bzw. deutlich einzuschränken,
- Einbau von sehr widerstandsfähigem qualitätsüberprüftem Rohrmaterial (z. B. PE-X).

6.2.7. Trinkwasserbrunnen, Notversorgungsbrunnen, Brunnen der Lebensmittelindustrie

Neben den öffentlichen Wassergewinnungsanlagen, bei denen i. d. R. ein Wasserschutzgebiet ausgewiesen ist, existieren weitere Wassergewinnungsanlagen zur Trinkwassergewinnung bzw. Lebensmittelherstellung ohne gesonderte Ausweisung schutzwürdiger Bereiche. Hierzu zählen:

- Öffentliche Trinkwasserbrunnen ohne hydrogeologische Abgrenzung: Diese Brunnen dienen der öffentlichen Trinkwassergewinnung, haben aber weder ein ausgewiesenes Schutzgebiet noch ein festgelegtes Einzugsgebiet.
- Notversorgungsbrunnen: Diese Brunnen sollen in Notsituationen für einen planmäßig kurzen Zeitraum (i. d. R. 30–50 Tage) mit größeren Entnahmemengen betrieben werden.
- Brunnen der Lebensmittelindustrie entnehmen in der Regel dauerhaft größere Mengen.
- Private Trinkwasserbrunnen: Diese Hauswasserbrunnen weisen i. d. R. geringe Entnahmemengen auf und haben daher einen geringen Beeinflussungsbereich.

Diese Wassergewinnungsanlagen haben grundsätzlich Bestandsschutz. Ob die Nutzung von Erdwärme in diesen Gebieten empfohlen werden kann oder erlaubnisfähig ist, entscheidet die Untere Wasserbehörde im Rahmen der wasserrechtlichen Einzelfallprüfung.

Mögliche Empfehlungen:

- Öffentliche Trinkwasserbrunnen ohne hydrogeologische Abgrenzung:
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmebrunnen von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluffgrundwasserleitern analog Zone I und II (DVGW W 101, vgl. Kap. 6.2.3),
 - bis zu einer Entfernung zum Entnahmebrunnen von mindestens 1.000 m analog Zone III/IIIA (DVGW W 101, vgl. Kap. 6.2.3).
- Notversorgungsbrunnen: Zur Sicherung der Wasserqualität gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung zum

Entnahmebrunnen von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluffgrundwasserleitern die Empfehlungen analog Zone I und II (DVGW W 101).

- Brunnen der Lebensmittelindustrie: Zur Sicherung der Wasserqualität gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung zum Entnahmebrunnen von mindestens 100 m bzw. von mindestens 300 m bei Karst- und Kluffgrundwasserleitern die Empfehlungen analog Zone I und II (DVGW W 101).
- Private Trinkwasserbrunnen (Hausversorgungsbrunnen): Einhaltung eines ausreichenden Abstandes zu den Hausversorgungsbrunnen zur Sicherung der Wasserqualität.

6.2.8. Brunnen der Mineralwassergewinnung

Ein natürliches Mineralwasser ist nach EG-Mineralwasserrichtlinie ein bakteriologisch einwandfreies Wasser, das seinen Ursprung in einem unterirdischen Quellvorkommen hat. Die amtliche Anerkennung prüft, ob das zu fördernde Mineralwasser sowie die Quelle natürlich geschützt sind. Mineralwasser kann – neben Heilwasser – als das qualitativ höchstwertige Grundwasser bezeichnet werden (ENGELHAUPT 2005). Beim Bau einer Erdwärmeanlage in einem Mineralwassereinzugsgebiet ist von der Unteren Wasserbehörde zu prüfen, ob Auswirkungen auf die Mineralwassergewinnung infolge der geplanten Erdwärmenutzung zu besorgen sind.

Mögliche Empfehlungen:

- Zur Sicherung der Wasserqualität des Mineralwasserbrunnens gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung von 100 m zum Entnahmebrunnen innerhalb des Mineralwassereinzugsgebietes die Empfehlungen analog zur Trinkwasserschutzzone I und II (Kap. 6.2.3).
- Zur Sicherung der Wasserqualität des Mineralwasserbrunnens gelten für die Nutzung von Erdwärme bis zu einer Entfernung von 1.000 m zum Entnahmebrunnen innerhalb des Mineralwassereinzugsgebietes die Empfehlungen analog zur Trinkwasserschutzzone III/IIIA (Kap. 6.2.3), wenn

das Mineralwassereinzugsgebiet gutachterlich abgegrenzt und der Unteren Wasserbehörde bekannt ist.

7. Errichtung und Betrieb von Erdwärmebrunnensystemen (offene Systeme)

7.1. Verfahrensablauf

Für Grundwasserentnahmen zur Erdwärmenutzung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis durch die Untere Wasserbehörde erforderlich. Werden im Zusammenhang mit der Errichtung des Erdwärmebrunnensystems neue Brunnen (-bohrungen) erstellt, sind diese unter Nutzung des Online-Anzeigeverfahrens (wie in Kapitel 4.2.1 beschrieben) beim LBEG anzuzeigen.

Bei Erdwärmebrunnensystemen ist ein zweistufiges Zulassungsverfahren (s. Anhang 2) anzuwenden. In der ersten Stufe ist die Zulassung zum Bau der Brunnen erforderlich. In einer zweiten Stufe erfolgt, nach Einsendung der vollständigen Antragsunterlagen, die Zulassung des Anlagenbetriebs. Die erforderliche Anzahl der Ausfertigungen ist mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde abzustimmen.

Die in der Antragstellung zu berücksichtigenden Aspekte orientieren sich an den in ECKL & RAISSI (2009) beschriebenen Inhalten. Der Umfang der Antragsunterlagen für die zweite Verfahrensstufe richtet sich nach der Entnahmemenge. Die üblichen Entnahmemengen zur Warmegewinnung aus dem Grundwasser für Ein- und Zweifamilienhäuser liegen in Größenordnungen von 3.000–15.000 m³/Jahr.

Die Pflicht zur Durchführung einer UVP-Vorprüfung sowie eine aus der Vorprüfung möglicherweise resultierende UVP-Pflicht ergibt sich für Erdwärmebrunnensystem-Vorhaben aus dem UVPG. Bei Grundwasserentnahmen von 5.000 m³/Jahr bis weniger als 100.000 m³/Jahr ist eine standortbezogene Vorprüfung erforderlich, wenn durch die Gewässerbenutzung erhebliche nachteilige Auswirkungen auf grundwasserabhängige Ökosysteme zu erwarten sind.

Bei Grundwasserentnahmen von weniger als 5.000 m³/Jahr ist keine UVP-Vorprüfung erforderlich.

In den Antragsunterlagen sollten mindestens folgende Aspekte erläutert sein:

- die beantragte maximale Entnahmemenge pro Tag und Jahr,
- Lage und Schichtenverzeichnis (einschließlich eventuell vorhandener geophysikalischer Bohrlochmessungen) der Brunnenbohrungen,
- Ausbaudaten des Brunnens (Tiefe, Filterstrecken, Filtermaterial, Bohr- und Ausbaudurchmesser, Tonsperren etc.),
- Messungen des Ruhe- und Betriebswasserspiegels (gegebenenfalls Pumpversuchsergebnisse),
- pauschale Angaben zur generellen Grundwasserfließrichtung,
- Umfang und Reichweite der Grundwasserabsenkung um den Förderbrunnen und Grenzen des Einzugsgebietes,
- Umfang und Reichweite der Aufhöhung des Grundwasserspiegels durch die Rückführung des Wassers in einem Schluckbrunnen,
- Bewertung der thermischen Beeinträchtigung von Grundwassernutzern im Grundwasserabstrom und im Einzugsbereich des/der Förderbrunnen(s),
- maximal/minimal zu erwartende Temperaturen im Grundwasser.

Spätestens einen Monat nach Fertigstellung der Anlage sind die nachfolgenden Unterlagen an die zuständige Untere Wasserbehörde zu übersenden:

- Bauprotokoll für Erdwärmebrunnensysteme (Anhang 7a),
- Anlageninstallationsprotokoll/Prüfprotokoll für Erdwärmebrunnenanlagen (Anhang 7b),
- Fotodokumentation der Bohr- und Ausbauarbeiten,
- Lageplan der Anlage mit Bemaßung (Gebäude, Verteiler, Leitungen, Brunnenpositionen mit Koordinaten),
- Aufgenommenes Schichtenverzeichnis/ Bohrprofil mit Ausbaudarstellung der Erdwärmebrunnen, Angaben zum Grundwas-

serspiegel und geophysikalischen Messungen, ggf. Angaben zu Bohrproblemen oder sonstigen Vorkommnissen.

An das LBEG sind nach Abschluss der Arbeiten folgende Unterlagen zu liefern (Ablieferungsfrist nach GeoIDG für Fachdaten 3 Monate und für Bewertungsdaten 6 Monate):

- Nach § 16 GeoIDG sind die Daten der zuständigen Behörde in einem von ihr benannten interoperablen Format elektronisch zu übermitteln. In Niedersachsen ist dies das SEP3-Format. Das SEP3-Format – und ggf. in der Zukunft weitere festgelegte Formate – werden auf der Homepage des LBEG im Bereich der Bohrdatenbank dokumentiert. Die E-Mail-Adresse zur Übermittlung der Untersuchungsergebnisse ist bohranzeige@lbeg.niedersachsen.de.
- Lageplan mit Zuordnung der Brunnen zu den Bohridentifikationsnummern (BID) aus der Bohranzeige (ggf. mit Korrektur der Koordinaten).

Bei Erdwärmebrunnensystemen mit einer Leistung $> 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ (bzw. einer Jahresheizarbeit von mehr als 72.000 kWh/a) ist eine Überwachung (Monitoring) in der Betriebsphase erforderlich (vgl. Kap. 7.2).

Eine Gebühr für die Wasserentnahme wird nach § 21 Abs. 2 Nr. 8 NWG zur Gewinnung von Wärme nicht erhoben, wenn das Wasser demselben Gewässer wieder zugeführt wird.

7.2. Anforderungen an den Bau und Betrieb von Erdwärmebrunnensystemen

Die hydrogeologische Beurteilung erfolgt im Hinblick auf die mögliche Beeinflussung des Grundwassers durch die Bohrarbeiten und den Ausbau der Bohrung sowie die beim Betrieb erfolgende Grundwasserabsenkung/-erhöhung. Die Eignung des Untergrundes für den Bau von Förder- und Schluckbrunnen ist in jedem Einzelfall zu prüfen und zu belegen. Zur Zulassungsfähigkeit kann die zuständige Untere Wasserbehörde Auskunft geben.

Bei der Planung eines Erdwärmebrunnensystems muss sichergestellt sein, dass

- keine Beeinträchtigung der Trinkwasserversorgung eintritt,
- der vorbeugende Grundwasserschutz beachtet wird,
- negative Einflüsse (z. B. maßgebliche thermische Beeinflussung) auf andere bestehende Anlagen sowie sonstige schädliche Auswirkungen vermieden werden,
- eine Entnahme möglichst nur im obersten Grundwasserstockwerk erfolgt,
- die Rückführung des Wassers in dasselbe Stockwerk im Abstrom der Entnahme geschieht,
- bestehende Anlagen der Grundwassernutzung nicht mehr als zumutbar beeinträchtigt oder in ihrer Funktion eingeschränkt werden,
- durch die Aufhöhung/Absenkung des Grundwasserspiegels verursachte Setzungsschäden an Bauwerken oder Vernässungen auszuschließen sind,
- im Wirkungsbereich von Schadensfällen und Altlasten keine Mobilisation von Schadstoffen durch die Anlage eintreten darf,
- bestehende Regelungen der Grundwassernutzung, z. B. in ausgewiesenen Schutzgebieten, eingehalten werden.

Bei der Rückführung des thermisch genutzten Grundwassers in den Grundwasserleiter entsteht eine Temperaturabsenkung (Heizbetrieb) oder -erhöhung (Kühlbetrieb) in Grundwasserabstromrichtung. Temperaturabsenkungen oder -erhöhungen können ein Konfliktpotenzial bergen, da sie über die Grenzen des Grundstücks hinausreichen können. Bei starker Absenkung der Temperatur oder größeren saisonalen Temperaturschwankungen kann es zur Leistungsminderung oder im Extremfall zum Versagen der eigenen oder benachbarten Anlagen kommen. Die Veränderung der durch Erdwärmennutzung beeinflussten Grundwassertemperaturen soll grundsätzlich so gering wie möglich sein. Eine Veränderung von maximal $\pm 6 \text{ K}$ zur ungestörten Untergrundtemperatur darf nicht überschritten werden. Zudem dürfen die Grundwassertemperaturen 4 °C nicht unterschreiten und 20 °C nicht überschreiten (LAWA 2019). Generell sollte im Jahresmittel eine ausgeglichene Temperaturbilanz (Wärmeeintrag = Wärmeentzug) angestrebt werden. Abweichungen von der Temperaturbilanz sind im Einzelfall und standortbezogen zu prüfen.

Bei großen Anlagen mit einer Leistung $> 30 \text{ kW}_{\text{th}}$ (bzw. einer Jahresheizarbeit von mehr als 72.000 kWh/a) ist eine Überwachung (Monitoring) in der Betriebsphase erforderlich. Zur Überwachung des ordnungsgemäßen Betriebs der Anlage und zur Beweissicherung bedarf es der Aufnahme, Darstellung und Auswertung spezifischer Betriebsdaten. Dabei sind folgende Daten aufzunehmen:

- Stromverbrauch der Erdwärmeanlage mindestens in Form von Jahreswerten, besser in Form von Monatswerten [MWh],
- Wärmemenge der im Gebäude genutzten Heizwärme mindestens in Form von Jahreswerten, besser in Form von Monatswerten [MWh],
- Wärmemenge, die dem Grundwasser entnommen wurde, in Form von Monats- und Jahreswerten [MWh],
- Wärmemenge, die in das Grundwasser verbracht wurde, in Form von Monats- und Jahreswerten [MWh],
- Grundwassertemperaturen bei Entnahme und Wiedereinleitung in Form von Stundenwerten [$^{\circ}\text{C}$],
- Grundwasserstände von Förder- und Schluckbrunnen im Betrieb in Form von Halbjahreswerten [m unter Gelände],
- Temperaturdaten aus einer Zu- und Abstrom-Grundwassermessstelle in Form von Stundenwerten [$^{\circ}\text{C}$] (bei Grundwasserentnahmen $> 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$ oder anderen Sonderfällen),
- in Abhängigkeit von den lokalen Verhältnissen kann die Untere Wasserbehörde im Einzelfall weitere Daten fordern.

Die Aufnahme weiterer Parameter, wie z. B. Zeitpunkt und Dauer des Verdichter-/Primärpumpenbetriebes, ist zu empfehlen, da sie die Identifikation von Fehlmessungen und Fühlerdefekten durch Abgleich mit zeitgleich gemessenen Temperaturdaten ermöglichen kann.

Die aufgezeichneten Daten sind im Rahmen eines Berichtes, angefangen vom ersten Betriebsjahr, darzustellen und auszuwerten. Bezüglich der Anforderungen an einen solchen Bericht sind die Erläuterungen in Anhang 3 zu beachten. Üblich ist die Erstellung eines Monitoringberichtes nach dem 1., 2., 5. Betriebsjahr und anschließend im fünfjährigen Zyklus. Bei Auffälligkeiten (z. B. deutliche Temperaturab-

weichungen gegenüber der Prognose, Wärmeintrag/-austrag abweichend von der ursprünglichen Planung) sollten diese Zeitabschnitte enger gefasst werden. Die konkreten Anforderungen an die Anlagenüberwachung werden in der wasserrechtlichen Erlaubnis geregelt.

Eine etwaige Überschreitung der prognostizierten Untergrundtemperaturen kann durch eine konsequente Anlagenüberwachung vermieden werden. Die Möglichkeit einer Kontrolle verschiedener Betriebszustände bietet zudem den Vorteil, die Erdwärmeanlage optimal auf die jeweiligen Nutzeranforderungen anpassen zu können. Auf diese Weise trägt das Monitoring nicht nur zur Einhaltung der Auflagen der wasserrechtlichen Erlaubnis, sondern auch zum wirtschaftlichen Betrieb der Erdwärmeanlage bei, da Optimierungspotenziale erkannt und zeitnah umgesetzt werden können.

8. Geologische und wasserwirtschaftliche Standortfaktoren (offene Systeme)

Die Standortbeurteilung zu Errichtung und Betrieb von Erdwärmebrunnensystemen erfolgt anhand der geologischen und hydrogeologischen Standortverhältnisse und der Lage des Vorhabens zu anderen Nutzungen bzw. nutzungsbeschränkten Gebieten (z. B. Trinkwasserschutzgebiete).

In den inneren Schutzzonen von Trinkwasser-/Heilquellenschutzgebieten gelten die jeweiligen örtlichen Schutzgebietsverordnungen in Verbindung mit § 2 Abs. 1 und Nr. 12 der Anlage der SchuVO. Hier sind Erdwärmebrunnensysteme in der Regel verboten. Im Umkreis von 100 m zu Trinkwassergewinnungsanlagen, die häufig ein ähnliches Schutzbedürfnis aufweisen, entscheidet die zuständige Untere Wasserbehörde mit hieran orientierten Regelungen. In allen weiteren Gebieten erfolgt eine Prüfung durch die Untere Wasserbehörde analog einer vergleichbaren Grundwasserentnahme.

Eine Beurteilung des Standortes hinsichtlich der Untergrundverhältnisse erfolgt angelehnt an die in Kapitel 6.1 beschriebenen Empfehlungen. Im Einzelnen sind dies:

- Gefährdungsbereich durch artesische Grundwasserverhältnisse – Einschränkungsgründe bekannt (s. Kap. 6.1.5),
- Gefährdungsbereich durch Erdfälle – Einschränkungsgründe bekannt (s. Kap. 6.1.6),
- Gefährdungsbereich durch Bergbau und Kohlenwasserstoff-Lagerstätten/-Speicher – Einschränkungsgründe bekannt (s. Kap. 6.1.7),
- Salzstockhochlage – Einschränkungsgründe bekannt (s. Kap. 6.1.8),
- Gefährdungsbereich durch Sulfatgesteinsverbreitung – Einschränkungsgründe bekannt (s. Kap. 6.1.9),
- Festgesteinsverbreitung mit möglichem Grundwasserstockwerksbau – Einschränkungsgründe bekannt (s. Kap. 6.1.10),
- Grundwasserversalzungsgebiet – Einschränkungsgründe bekannt (s. Kap. 6.1.11),
- hoch durchlässige Fest- und Lockergesteine (s. Kap. 6.1.12),
- Gasvorkommen (z. B. Kohlenstoffdioxid, Methan, Schwefelwasserstoff) (s. Kap. 6.1.13),
- Notversorgungsbrunnen, Brunnen der Lebensmittelindustrie, Private Trinkwasserbrunnen (s. Kap. 6.1.14),
- Brunnen der Mineralwassergewinnung (s. Kap. 6.1.15).

9. Literaturverzeichnis

9.1. Gesetze, Verordnungen

AWSV – VERORDNUNG ÜBER ANLAGEN ZUM UMGANG MIT WASSERGEFÄHRDENDEN STOFFEN vom 18. April 2017 (BGBl. I: 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I: 1328) geändert worden ist. – <http://www.gesetze-im-internet.de/awsv/AwSV.pdf>.

BBERGG – BUNDESBERGGESETZ vom 13. August 1980 (BGBl. I: 1310), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I: 1760) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/BJNR013100980.html>.

BVOT – BERGVERORDNUNG FÜR TIEFBOHRUNGEN, UNTERGRUNDSPEICHER UND FÜR DIE GEWINNUNG VON BODENSCHÄTZEN DURCH BOHRUNGEN IM LAND NIEDERSACHSEN: Tiefbohrverordnung vom 20.09.2006, Nds. MBl.: 887. – https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/57493/Bergverordnung_fuer_Tiefbohrungen_Untergrundspeicher_und_fuer_die_Gewinnung_von_Bodenschaetzen_durch_Bohrungen_im_Land_Niedersachsen_BVOT_.pdf.

GEG – GEBÄUDEENERGIEGESETZ: Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden vom 8. August 2020 (BGBl. I: 1728). – <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf>.

GEOLDG – GEOLOGIEDATENGESETZ: Gesetz zur staatlichen geologischen Landesaufnahme sowie zur Übermittlung, Sicherung und öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten und zur Zurverfügungstellung geologischer Daten zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben vom 19. Juni 2020 (BGBl. I: 1387) – <https://www.gesetze-im-internet.de/geoldg/BJNR138700020.html>.

KRWG – KREISLAUFWIRTSCHAFTSGESETZ: Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen vom 24. Februar 2012 (BGBl. I: 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I: 3436) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/krwg/KrWG.pdf>.

MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2021): Wasserrechtliche Zulassung für Tiefbohrungen; Vollzug des § 21 Abs. 2 und 3 StandAG – RdErl. D. MU v. 20.04.2021 – 25-40300/003. – Voris 28800.

NWG – NIEDERSÄCHSISCHES WASSERGESETZ vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl.: 64), Anlage 2 neu gefasst durch Artikel 10 des Gesetzes vom 10.12.2020 (Nds. GVBl.: 477). – <https://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=WasG+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true&aiz=true>.

SCHUVO – VERORDNUNG ÜBER SCHUTZBESTIMMUNGEN IN WASSERSCHUTZGEBIETEN vom 9. November 2009 (Nds. GVBl.: 431) letzte berücksichtigte Änderung: §§ 1, 6, 7 und Anlage geändert, § 4 aufgehoben durch Verordnung vom 29.05.2013 (Nds. GVBl.: 132). – <https://www.nds-voris.de/jportal/?quelle=jlink&query=WasSchGebV+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true>.

STANDAG – STANDORTAUSWAHLGESETZ: Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle vom 05. Mai 2017 (BGBl. I: 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I: 2760) geändert worden ist. – https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/BJNR107410017.html.

UVPG – GESETZ ÜBER DIE UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. März 2021 (BGBl. I: 540), das durch Artikel 14 des Gesetzes vom 10. September 2021 (BGBl. I: 4147) geändert worden ist. – <https://www.gesetze-im-internet.de/uvpg/UVPG.pdf>.

WHG – WASSERHAUSHALTSGESETZ: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts vom 31. Juli 2009 (BGBl. I: 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I: 3901). – https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html.

9.2. Richtlinien, Regelwerke

DIN 18301 (2019): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Bohrarbeiten. – Ausgabe 2019-09.

- DIN 19732 (2011): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotentials von nichtsorbierbaren Stoffen. – Ausgabe 2011-10.
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie – Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. – Ausgabe 1994-10.
- DIN 4124 (2012): Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten. – Ausgabe 2012-01.
- DIN 8593: Fertigungsverfahren Fügen, Teil 0–8.– Ausgabe 2003-09.
- DIN 8901 (2002): Kälteanlagen und Wärmepumpen – Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen und Prüfung.– Ausgabe 2002-12.
- DIN EN 12201-1 (2011): Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen - Polyethylen (PE) – Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 12201-1:2011. – Ausgabe 2011-11.
- DIN EN ISO 14688-1 (2018): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2018. – Ausgabe 2018-05.
- DIN EN ISO 14688-2 (2018): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2018. – Ausgabe 2018-05.
- DIN EN ISO 14689 (2018): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels (ISO 14689:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14689:2018. – Ausgabe 2018-05.
- DIN EN ISO 15875-1 (2004): Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Warm- und Kaltwasserinstallation - Vernetztes Polyethylen (PE-X) – Teil 1: Allgemeines (ISO 15875-1:2003); Deutsche Fassung EN ISO 15875-1:2003. – Ausgabe 2004-03.
- DIN EN ISO 17892-11 (2019): Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben – Teil 11: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit (ISO 17892-11:2019); Deutsche Fassung EN ISO 17892-11:2019. – Ausgabe 2019-05.
- DIN EN ISO 22475-1 (2019): Entwurf, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren für Boden, Fels und Grundwasser – Teil 1: Technische Grundlagen (ISO/DIS 22475-1.2:2019); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 22475-1:2019. – Ausgabe 2019-09.
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2000): Schweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen aus Polyethylen (PE 80, PE 100 und PE-Xa) für Gas- und Wasserleitungen Lehr- und Prüfplan. – Technische Regel, GW 330; Bonn.
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2006): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. – Technische Regel, Arbeitsblatt W 101; Bonn.
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2008): Bohrungen zur Erkundung, Gewinnung und Beobachtung von Grundwasser. – Technische Regel, Arbeitsblatt W 115; Bonn.
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2013): Qualifikationskriterien für die Bereiche Bohrtechnik und oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden). – Technische Regel, Arbeitsblatt W 120-2; Bonn.
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2018): Sanierung und Rückbau von Brunnen, Grundwassermessstellen und Bohrungen. – Technische Regel, Arbeitsblatt W 135; Bonn.
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2019): Bohrlochgeophysik in Bohrungen, Brunnen und Grundwassermessstellen. – Technische Regel, Arbeitsblatt W 110; Bonn.
- DVGW – DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (2019): Verwendung von Spülmittelzusätzen in Bohrspülungen bei Bohrarbeiten im Grundwassermessstellen- und Brunnenbau. – Technische Regel, Arbeitsblatt W 116; Bonn.
- DVS 2207-1 (2015): Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE. – Ausgabe 2015-08.

- DVS 2207-1 (2005): Beiblatt 1 - Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizwendelschweißen von Rohren aus PE-X mit Rohrleitungsteilen aus PE-HD. – Ausgabe 2005-12.
- DVS 2208-1 (2019): Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Maschinen und Geräte für das Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln. – Ausgabe 2019-09.
- DVS 2212-1 (2015): Prüfung von Kunststoffschweißern – Prüfgruppen I und II. – Ausgabe 2015-12.
- DVS 2281 (2004): DVS®-Lehrgang - Kunststoffschweißer in der Prüfgruppe I. – Ausgabe 2004-09.
- LAWA – BUND/LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (2019): Empfehlungen der LAWa für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und -kollektoren. – LAWa-Kleingruppe „Oberflächennahe Geothermie und Grundwasserschutz“ des Ständigen Ausschusses „Grundwasser und Wasserversorgung“ der LAWa; beschlossen auf der 157. LAWa-Vollversammlung am 03./04.04. 2019 in Gotha.
- VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [Hrsg.] (2010): Thermische Nutzung des Untergrundes. - Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. – Richtlinie 4640, Blatt 1; Düsseldorf.
- VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [Hrsg.] (2019): Thermische Nutzung des Untergrundes - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. – Richtlinie 4640, Blatt 2; Düsseldorf.
- VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [Hrsg.] (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. - Unterirdische Thermische Energiespeicher. – Richtlinie 4640, Blatt 3; Düsseldorf.
- VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [Hrsg.] (2004): Thermische Nutzung des Untergrundes. - Direkte Nutzungen. – Richtlinie 4640, Blatt 4; Düsseldorf.
- VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE [Hrsg.] (2016): Thermische Nutzung des Untergrundes. - Thermal Response Test. Gründruck. – Richtlinie 4640, Blatt 5; Düsseldorf.

9.3. Zitierte Literatur

- AST, M., ECKL, H., ELBRACHT, J., FISCHER, K., FRITZ, J., HENKE-JELIT, S., JENSEN, H., PESTER, S. & SBRESNY, J. (2012): Leitfaden Erdwärmennutzung in Niedersachsen. Rechtliche und technische Grundlagen. – GeoBerichte **24**: 59 S., 11 Abb., 3 Tab., 5 Anh.; Hannover (LBEG) [DOI 10.48476/geober_24_2012].
- BOLDT, G., WELLER, H., KÜHNE, G. & VON MÄSENHAUSEN, H.-U. (2016): Bundesberggesetz (BBergG), Kommentar. – 2. Auflage, 1446 S.; Berlin/Boston.
- DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte **5**: 33 S., 9 Abb., 8 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG) [DOI 10.48476/geober_5_2007].
- DOMINIK, M., HEINEKE, H. J., LINKE, V., PREUSS, H., SBRESNY, J. & WITTHÖFT, M. (2011): Verschlüsselung und Erfassung von Bohrdaten in Niedersachsen. – GeoBerichte **17**: 56 S., 14 Abb., 17 Tab., Anh.; Hannover (LBEG) [DOI 10.48476/geober_17_2011].
- ECKL, H. & RAISSI, F. (2009): Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen. – GeoBerichte **15**: 99 S., 39 Abb., 10 Tab., Anh.; Hannover (LBEG) [DOI 10.48476/geober_15_2009].
- ENGELHAUPT, A. (2005): Die wasserrechtliche Beurteilung von Erdwärmesondenanlagen in Mineralwasserbildungsgebieten in Rheinland-Pfalz. – 156 S.; Berlin.
- FENNEKOLDT, D. (2015): Oberflächennahe und mitteltiefe CO₂-Erdwärmrohre für Wärmepumpen höherer Leistung; Teilvorhaben: Bohrung und Einbringung der CO₂-Erdwärmrohre. – Umwelttechnik und Brunnenbau Wöltjen GmbH, Nienburg (Weser); gefördert durch BMWi, Förderkennzeichen 03ET1050B, Förderzeitraum 2012 bis 2015.
- GRIMM, M., STOBER, I., KOHL, T. & BLUM, P. (2014): Schadensfallanalyse von Erdwärmesondenbohrungen in Baden-Württemberg. – Grundwasser **19**: 275–286
- HUBER, A. & PAHUD, D. (1999): Untiefe Geothermie: Woher kommt die Energie? – Forschungsprogramm Geothermie, Bundesamt für Energie (BFE); Bern.

ILIEVA, D. (2013): Verwendung und Grundwassergefährdungspotenzial von Additiven in Wärmeträgerflüssigkeiten für Erdwärmesonden. – Dissertation Eberhard-Karls-Universität Tübingen, 202 S.; Tübingen.

LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE [Hrsg.] (2017): Symbolschlüssel Geologie - Symbole für die geologischen Feld- und Aufschlussdaten. – 255 S.; Hannover, <https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/74117/Symbolschluesel_Geologie.pdf>.

NEUSS, M. & DÖRHÖFER, G. (2009): Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen. – GeoFakten 8: 3. Aufl., 9 S., 4 Abb.; Hannover (LBEG) [DOI: 10.48476/geofakt_8_3_2009].

NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ [Hrsg.] (2013): Praxisempfehlung für niedersächsische Wasserversorgungsunternehmen und Wasserbehörden - Handlungshilfe (Teil II) - Erstellung und Vollzug von Wasserschutzgebietsverordnungen für Grundwasserentnahmen. – Grundwasser 17: 146 S.; Norden, <<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/download/79999>>.

PIK – POTSDAM INSTITUTE FOR CLIMATE RESEARCH (2020): <https://www.pik-potsdam.de/services/klima-wetter-potsdam/klimazeitreihen/bodentemperatur/index_html>, Abruf 08.06.2020.

RAMMING, K. (2007): Bewertung und Optimierung oberflächennaher Erdwärmekollektoren für verschiedene Lastfälle. – Dissertation Technische Universität Dresden, 150 S.; Dresden.

REYER, D. & SCHÖNER, R. (2016): Eine neue Karte zur Sulfatgesteinsverbreitung in Niedersachsen - Mehr Sicherheit bei Erdwärmeh Bohrungen. – bbr - Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau 2/2016: 22–27.

SOBOTTA, S. (2008): Praxis Wärmepumpe. – 192 S.; Berlin.

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2009): Qualitätsmanagement – Fehlervermeidung bei Wärmepumpen- und Erdsonden-Heizsystemen. – 1. Aufl., 39 S.; Stuttgart.

9.4. Links

LAWA – BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER: Liste der zulässigen Wärmeträgermittel: <<https://www.lawa.de/Publikationen-363-Wasserversorgung,-Abwasserentsorgung,-Wassergefaehrdung.html>>.

BWP – BUNDESVERBAND WÄRMEPUMPEN: <<https://www.waermepumpe.de/>>.

GEOthermie – GEHT DAS BEI MIR?: <<https://nibis.lbeg.de/geothermie/>>.

GEOthermische Vereinigung: <<https://www.geothermie.de/>>.

NIBIS®-KARTENSERVER: <<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>>.

NLWKN – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTENSCHUTZ UND NATURSCHUTZ: Information zu Grundwasserständen verfügbar unter: <<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/>>.

MU – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ: Umweltkarten Niedersachsen: <<https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/>>.

Anhang

Anhang 1a: Allgemeine Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb einer Erdwärmesondenanlage (empfohlene Nebenbestimmungen)

1. Technische Anforderungen an Bauausführung und Betrieb

Folgende technische Anforderungen an Bauausführung, Dokumentation und Betrieb von Erdwärmesondenanlagen spiegeln die einschlägigen technischen Standards und Regelwerke wider, wie sie z. B. in den LAWA-Empfehlungen, den VDI-4640-Blättern 1–5 oder relevante DVGW-Regelwerken aufgeführt sind.

Die zu beauftragenden Fachfirmen für die Bohrarbeiten müssen die Qualifikation nach DVGW W 120-2 oder eine gleichwertige Zertifizierung einer akkreditierten Zertifizierungsstelle aufweisen. Der Nachweis über die Gleichwertigkeit ist mit der Anzeige durch den Antragsteller zu erbringen. Des Weiteren müssen die ausführenden Unternehmen über eine ausreichende technische Ausrüstung verfügen, um eine Ausführung der Erdwärmesondenanlage nach einschlägigen technischen Standards und Regelwerken und ein sachgemäßes Reagieren auf unvorhergesehene Untergrundverhältnisse beim Bohren gewährleisten zu können.

Grundsätzlich sind die maßgebenden DIN-Normen, VDI-Richtlinien und DVGW-Regelwerke zu beachten. Erdwärmesonden sowie zugehörige Anlagenteile müssen den einschlägigen technischen Standards und Regelwerken entsprechen (Erdwärmesonden VDI 4640 Blatt 2, Wärmepumpen DIN 8901). Die Anschlussarbeiten der erdgekoppelten Anlagenteile mit dem Heizsystem (Wärmepumpe) müssen von erfahrenen Fachfirmen (z. B. aus den Bereichen Rohrverlegung, Sanitär-Heizung-Klima) ausgeführt werden.

Im Falle einer Erlaubniserteilung durch die Untere Wasserbehörde ist die wasserrechtliche Erlaubnis am Bohrplatz mitzuführen.

Bohrarbeiten

1. Die Arbeitsblätter DVGW W 115 und DVGW W 116 sind beim Niederbringen einer Bohrung zu beachten.
2. An der Bohrstelle müssen mindestens zwei Mitarbeiter(innen) der Bohrfirma tätig sein. Diese Fachkräfte müssen gegenüber der Wasserbehörde benannt werden.
3. Bohrgeräte und sonstige eingesetzte Maschinen sind gegen Tropfverluste oder Auslaufen von Kraftstoffen, Ölen und sonstigen wassergefährdenden Stoffen während des Betriebs, der Wartung, der Reparatur sowie der Befüllung zu sichern, damit diese Stoffe nicht in das Erdreich eindringen können.
4. Auf die prinzipielle Sorgfaltspflicht bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können bzw. beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gemäß § 5 Abs. 1 WHG wird verwiesen. Jegliche nachteilige Veränderung der Beschaffenheit des Grundwassers ist auszuschließen. Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, die in nicht unerheblicher Menge ausgetreten sind, sind der Wasserbehörde oder Polizei unverzüglich anzuzeigen. Der Verursacher muss in Eigenverantwortung Sofortmaßnahmen zur Schadensbehebung oder -minimierung ergreifen.
5. Angepasst an die zu erwartenden hydrogeologischen/geologischen Untergrundverhältnisse sind auf der Bohrstelle Materialien und Geräte (z. B. Verrohrung für die Verlängerung der Standverrohrung, Verschlusskappen mit Absperrhahn, Manometer, Packer) für Sofortmaßnahmen vorzuhalten. Sind Gasaustritte während der Bohr- und Ausrüstungsarbeiten zu erwarten, so ist ergänzend ein Gasmessgerät für kontinuierliche bohrbegleitende Gasmessungen verpflichtend auf der Bohrstelle vorzuhalten.
6. Um die Bohrung sicher abzudichten und einer Beschädigung der Sondenrohre (i. d. R. PE-Material) vorzubeugen, ist der Bohrdurchmesser so groß zu wählen, dass um das Sondenbündel ein Ringraum von mindestens 30 mm verbleibt (Bohrdurchmesser \geq Sondenbündel + 60 mm, z. B. bei herkömmlichen Doppel-U-Sonden mit einem Außendurchmesser von 32 mm Mindestbohrdurchmesser 150 mm).

7. Es dürfen nur Spülmittelzusätze gemäß DVGW W 116 verwendet werden, die keine nachteiligen Veränderungen im Untergrund bewirken. Ein Bohrspülungskreislauf ist sicherzustellen.
8. Betragen die Spülmittelverluste im Bohrloch mehr als 1 l/s, sind sofort die Arbeiten einzustellen, und die Untere Wasserbehörde ist umgehend zu informieren. Dabei sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die das Eindringen größerer Mengen von Bohrspülung in den Grundwasserleiter verhindern oder begrenzen.
9. Während der Bohrarbeiten ist aus der Bohrung austretende(s) Wasser/Bohrspülung schadlos abzuleiten. Bei geplanter Einleitung in ein Oberflächengewässer ist diese gleichzeitig mit der Anzeige/dem Antrag auf Erlaubnis zur Errichtung der Erdwärmesonden bei der Unteren Wasserbehörde zu beantragen (mit Angabe der Lagekoordinaten der Einleitstelle). Dazu sind Maßnahmen zur Rückhaltung von absetzbaren Stoffen vorzusehen. Die Einleitstelle ist (mit den Lagekoordinaten) zu benennen, und bei geplanter Einleitung in einen Kanal ist die Zustimmung des Kanalbetreibers erforderlich.
10. Das ausgetragene Bohrgut ist in einem Spülcontainer oder ähnlichem Behälter zu sammeln. Der Container muss grundsätzlich für das Bohrgut gut einsehbar und sofort erreichbar sein.
11. Die anfallende Bohrspülung und das anfallende Bohrgut ist gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) ordnungsgemäß zu entsorgen.
12. Bei notwendigen wesentlichen Abweichungen vom Bohrprogramm bzw. wesentlichen Abweichungen von den zu erwartenden Grundwasserverhältnissen und bei auftretenden Störungen während des Arbeitsablaufs ist die Untere Wasserbehörde unverzüglich zu verständigen.
13. Lassen Bohrergergebnisse oder Schachtarbeiten auf Altbergbau, nichtbergbauliche Hohlräume oder aufgelockerte Zonen (möglicherweise verfüllte Hohlräume) schließen, ist dies der zuständigen Zulassungsbehörde mit allen bedeutsamen Informationen über die Bohrungen unverzüglich zu melden.
14. Beim Abteufen der Bohrung(en) sind die angetroffenen geologischen/hydrogeologischen Verhältnisse zu dokumentieren. Die Bohrfirma hat qualifizierte DIN-konforme Schichtenverzeichnisse (gemäß DIN EN ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688-1 und -2, DIN EN ISO 14689) zu erstellen, die durch die verantwortliche Fachaufsicht (s. DVGW W 120-2) zu verifizieren sind. Auf Verlangen sind die ermittelten Untergrunddaten vor Einbau der Sonden an die zuständige Wasserbehörde zu übermitteln.

Sondeneinbau

15. Sollten in der Betriebsphase wassergefährdende Stoffe als Wärmeträger eingesetzt werden, sind PE-HD-Werkstoffe mit nachweislich höherer Spannungsrisssbeständigkeit und Punktlastbeständigkeit (z. B. PE-X oder PE 100-RC) oder mindestens gleichwertige Werkstoffe einzubauen. Für Erdwärmesonden aus Kunststoff sind PE-HD-Rohre mit einem Verhältnis von Außendurchmesser zu Wandstärke (SDR) von maximal 11 zu verwenden, um die Gefahr eines Versagens des Kunststoffrohres durch Beschädigungen während des Einbaus zu minimieren.
16. Materialien, die in den Untergrund eingebaut werden, müssen ungiftig und korrosionssicher sowie für den Einsatz im Grundwasser geeignet sein.
17. Es sind nur güteüberwachte Sonden (z. B. Kunststoff-Zentrum SKZ, TÜV) zulässig.
18. Der Sondenfuß und die Sondenrohre (vertikaler Teil der Erdwärmesonde) sind werkseitig herzustellen (Schweißverfahren nach z. B. DVS 2207-1 und 2208-1, Werkstoffe nach DIN EN 12201-1, DIN EN ISO 15875-1). Die ordnungsgemäße Ausführung ist der Unteren Wasserbehörde mit einem entsprechenden Zertifikat des Herstellers (werkseitiges Prüfprotokoll) nachzuweisen.
19. Ein Verbinden von vertikalen Sondenrohrteilen auf der Baustelle ist nur im Ausnahmefall erlaubnisfähig, dabei sind die nachfolgenden Randbedingungen zu berücksichtigen:

Es sind unlösbare Verbindungen herzustellen. Das Schweißen der vertikalen Sondenrohre auf der Baustelle ist aus fachlicher Sicht nur vertretbar, wenn ein Einbau hängend von einer Haspel aufgrund des Rohrdurchmessers nicht möglich ist und alle nachfolgend aufgeführten Anforderungen erfüllt werden:

- Die Schweißung hat spannungsfrei in einer hierfür geeigneten Vorrichtung bei horizontal gelagerten Sondenrohren zu erfolgen. Die einzelnen Arbeitsschritte sind gemäß Herstellervorgaben und Richtlinie DVS 2207-1 auszuführen und mit einem entsprechenden Schweißprotokoll zu dokumentieren. Zusätzlich ist eine Fotodokumentation jeder Schweißung mit aussagefähigen Bildern der Arbeitsschritte, insbesondere der vorbereiteten Rohrenden vor der Schweißung (gereinigt, gehobelt, frei von Spänen), der Schweißung und der Verbindung nach der Schweißung anzufertigen.
- Die Gesamtlänge des geschweißten Sondenrohres sollte 50 m nicht überschreiten. Um eine Schädigung des Sondenrohres durch den Einzieh- bzw. Einbauvorgang zu vermeiden, sind eine entsprechende Anzahl von Rollenböcken zu verwenden.
- Die Schweißarbeiten sind ausschließlich durch eine(n) ausgebildete(n) Kunststoffschweißer(in) gemäß DVGW GW 330 bzw. nach DVS 2281 mit Prüfung nach DVS 2212-1 auszuführen.
- Vor Einbau des geschweißten Sondenrohres ist die Dichtigkeit mit Trinkwasser (Leitungswasserdruck ca. 3–6 bar) zu prüfen.
- Schweißprotokoll, Fotodokumentation und Ergebnis der Dichtigkeitsprüfung sind der Wasserbehörde unmittelbar nach Abschluss der Arbeiten unaufgefordert vorzulegen.

Im Falle eines Betriebs mit einem nicht wassergefährdenden Wärmeträgermedium können geringere Anforderungen an die Schweißung toleriert werden.

Bei kraftschlüssigen Pressverbindungen (nur für PE-X-Materialien) ist nach DIN 8593 zu verfahren. Bei Metallwerkstoffen sind die für den Baustoff aktuellen DIN-EN-Normen zum unlösbaren Verbinden sowie zusätzlich der Schutz vor Korrosion zu beachten. Die Verbindungen sind z. B. über Schweißprotokolle zu belegen.

20. Um Schäden durch Transport, Lagerung usw. zu erkennen, ist eine Sichtprüfung der mit Wasser gefüllten Sonde vor Einbau auf der Baustelle durchzuführen. Knicke oder tiefere Kerben und Riefen sind als Beschädigungen anzusehen. Solche Sonden dürfen nicht eingebaut werden.
21. Die ins Bohrloch eingesetzte Sonde ist vor dem Einbringen der Verfüllung im mit Wasser oder Bohrspülung gefüllten Bohrloch einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen. Falls das Bohrloch trocken ist (kein Grundwasserzutritt vorhanden), sollte darauf geachtet werden, dass bei der Sondendichtheitsprüfung vor Einbringen der Hinterfüllung der Innendruck von 20 bar nicht überschritten wird.
22. Eine Dichtheitsprüfung nach Einbringen der Verfüllung ist nicht erforderlich. Sollte dennoch eine Prüfung durchgeführt werden, ist diese nach den Vorgaben der VDI 4640 Blatt 2 nur zulässig, wenn das Verfüllmaterial noch unterhalb der Stichfestigkeit ist. Für diese Prüfung sind die Herstellerangaben zur Frühfestigkeitsentwicklung und damit verbundenen eingesetzten Mischrezepturen/Mischtechniken nachzuweisen (Auszug vom Hersteller zur Festigkeitsentwicklung und Fotodokumentation der entsprechend eingesetzten Mischtechnik, Dichtebestimmung der angemischten Verfüllung).
23. Die Erdwärmesonde ist hängend von einer gebremsten Haspel in das Bohrloch abzulassen. Weiterhin ist die Sonde gleichzeitig mit dem Verfüllrohr/Verfüllschlauch mit geeigneten Einrichtungen einzubauen. Das Verfüllrohr/der Verfüllschlauch ist bis zum Sondenfuß einzubringen und muss im Bohrloch verbleiben (VDI 4640 Blatt 2).

Verfüllung des Bohrlochringraums

24. Nach Einbringen der Erdwärmesonde ist der gesamte Bohrlochringraum zwischen den eingebauten Sondenrohren und der Bohrlochwandung vollständig von der Sohle aus nach oben mit einer grundwasserunschädlichen, nach Erhärtung dauerhaft wasserdichten Suspension zu verfüllen. Die Verfüllung hat ohne zeitliche Verzögerung unmittelbar im Anschluss an die Bohrarbeiten (tagesgleich) zu erfolgen.
25. Ein Verfüllen von Klüftzonen mit Sand oder Kies ist nur in Einzelfällen und in Absprache mit der Unteren Wasserbehörde zulässig.
26. Es ist darauf zu achten, dass das Verfüllmaterial aus Fertigmischungen (Sack-/Siloware) besteht, welches für geothermische Zwecke und die jeweilige Einsatztemperatur zugelassen ist.
27. Bei Einsatz von tonhaltigen Verfüllbaustoffen ist die Verwendung eines kolloidal aufmischenden, hochtourigen Chargenmischers zwingend erforderlich. Es ist chargenweise die Dichte der Verfüllsuspension zu kontrollieren.
28. Über einen Siebttest (z. B. mit dem Sieb eines Marshtrichters) ist vor Einbringen der Verfüllung zu kontrollieren, dass keine Klumpenbildung auf dem Sieb mehr zu erkennen ist.
29. Der Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) des eingebauten Verfüllmaterials sollte kleiner als der kf-Wert des umgebenden Gesteins sein. Bei unbekanntem hydraulischen Durchlässigkeiten und Indizien für einen möglichen Grundwasserstockwerksbau sollte der Verfüllbaustoff eine Durchlässigkeit von $\leq 1 \times 10^{-10}$ m/s aufweisen.
30. In Gebieten mit regional bekanntem hydrogeologischen Stockwerksbau mit unterschiedlichem Grundwasserdruckpotenzial sowie bei bekannten artesischen Grundwasserhältnissen ist für die Ringraumverfüllung von Erdwärmesonden dotiertes Verfüllmaterial einzusetzen.
31. Vor dem Verfüllen ist die Dichte des angemischten Verfüllbaustoffs mindestens einmal direkt zu Beginn der Verfüllarbeiten zu kontrollieren und zu dokumentieren. Eine Überprüfung des Absetzmaßes ist während der Verfüllarbeiten auszuführen und zu dokumentieren (Zeitdauer der Messung und Absetzmaß). Beim Anmischen des Verfüllmaterials ist auf die in den Herstellerangaben empfohlenen Mischungsverhältnisse zu achten. Die Suspensionsdichte der verwendeten Suspension hat mindestens $0,3 \text{ kg/dm}^3$ größer zu sein als die eingesetzte Bohrspülung. Der Verfüllvorgang ist so lange fortzuführen, bis die Dichte der aus dem Bohrloch austretenden Suspension der eingepressten Suspension entspricht. Die Menge und die Dichte des eingepressten Materials für die Ringraumverfüllung sind in regelmäßigen Abständen am Überlauf des Bohrlochs zu überprüfen und zu dokumentieren.
32. Übersteigt der Bedarf an Verfüllmaterial das Zweifache des Ringraumvolumens, ist der Verfüllvorgang zunächst zu beenden und umgehend die Untere Wasserbehörde zu informieren.
33. Die mit Wasser gefüllte Sonde ist bis zum Anschluss an die Wärmepumpe mit Kappen dicht zu verschließen. In Monaten mit Frostgefahr sind Sicherungsmaßnahmen durchzuführen, um Beschädigungen der Sonde auszuschließen.
34. Bei Misserfolg einer Bohrung vor Einbau der Sonde ist das Bohrloch bis zur Geländeoberkante dauerhaft wasserdicht zu verfüllen, und der Rückbau sowie das Schichtenverzeichnis ist gemäß DVGW W 135 zu dokumentieren.

Betrieb der Erdwärmesonden

35. Bei den Anbindeleitungen sind im Erdreich unlösbare Rohrverbindungen zu verwenden. Sollten lösbare Rohrverbindungen oder Armaturen notwendig sein, sind diese in flüssigkeitsundurchlässigen Kontrollschächten oder in flüssigkeitsundurchlässigen, kontrollierbaren Schutzrohren anzuordnen.
36. Die Dichtheit der Gesamtanlage (erdseitiger Teil) ist an einer Schnittstelle im Gebäude zu überprüfen (Durchflussendprüfung mit 1,5-fachem Anlagenbetriebsdruck) und das entsprechend ausgefüllte Anlageninstallationsprotokoll (Anhang 5b) der Unteren Wasserbehörde zu übergeben.

37. Erdwärmesonden müssen so ausgelegt und betrieben werden, dass ein Gefrieren (Frost-Tau-Wechsel) des Untergrundes und der Verfüllung ausgeschlossen ist. Die minimale Temperatur des Wärmeträgermittels am Ausgang der Wärmepumpe in Richtung Erdwärmesonde darf zu keinem Zeitpunkt (auch bei Spitzenlast) -3 °C unterschreiten. Dies ist durch einen Temperaturwächter sicherzustellen.
38. Ist eine Temperatureinspeisung in den Untergrund vorgesehen (Kühlung), so darf die Temperatur im Untergrund 20 °C nicht übersteigen, eine kurzzeitige in der Summe bis 30 Tage im Jahr dauernde Überschreitung bis 25 °C ist zulässig.
39. Bei der Nutzung von Erdwärme sollten als Wärmeträgermedien Wasser oder nicht wassergefährdende Stoffe zum Einsatz kommen. Alternativ dürfen Stoffe aus der „Positivliste für Wärmeträgermedien“ der LAWA (s. <http://www.lawa.de>) verwendet werden. Dabei sind Wärmeträgermedien ohne oder mit geringem Additivanteil zu bevorzugen.
40. Die Befüllung der Erdwärmesondenanlage darf nur mit dem außerhalb des Sondenkreislaufs angemischten Wärmeträgermedium vorgenommen werden.
41. Die Anlage ist durch eine selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtung (baumustergeprüfter Druckwächter) zu sichern. Im Falle einer Leckage des Systems muss die Umwälzpumpe sofort abgeschaltet und ein Störsignal abgegeben werden.
42. Die Erdwärmesonden müssen einzeln absperrbar sein. Bei besonders flachen Sonden mit einer maximalen Gesamtlänge von bis zu 120 m ist eine Kopplung von nicht mehr als zwei Sonden möglich.
43. Verteilerbalken/-schächte sind zugänglich und kontrollfähig zu gestalten.
44. Die Inbetriebnahme einer Erdwärmearanlage darf erst erfolgen, wenn ihre bescheidkonforme Errichtung durch eine Bauabnahme oder eine Dokumentation (s. u.) nachgewiesen wurde.
45. Der Betreiber der Anlage ist in die Bedienung, die Wartung und das Verhalten im Störfall einzuweisen. Es wird empfohlen, ein Betriebstagebuch „Erdwärmennutzung“ zu führen, in dem Kontroll- und Wartungsarbeiten sowie gegebenenfalls eingetretene Störfälle dokumentiert werden.
46. Bei Nutzungsänderungen (z. B. die Erhöhung der Heizleistung, Austausch der Wärmepumpe, Nutzung zu Kühlzwecken oder Ersetzen des Wärmeträgermittels) ist die Untere Wasserbehörde zu informieren.
47. Bei Eigentümerwechsel gehen alle Rechte und Pflichten auf den neuen Eigentümer über. Der Eigentümerwechsel ist der Unteren Wasserbehörde anzuzeigen.
48. Die mehrjährige Außerbetriebnahme oder endgültige Stilllegung einer Erdwärmearanlage ist in Abstimmung mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde vorzunehmen. Das Wärmeträgermedium muss mit Trinkwasser vollständig aus den Erdwärmesonden ausgespült und nachweislich fachgerecht entsorgt werden. Im Untergrund verbleibende und auf diese Weise gereinigte Rohre der Erdwärmearanlage sind vollständig mit Trinkwasser zu füllen und dicht zu verschließen. Die genaue Lage der Erdwärmesonden auf dem Grundstück ist vom Eigentümer zu verifizieren und zu dokumentieren.

Dokumentation

49. Im Interesse des Grundwasserschutzes ist eine sorgfältige geologisch-hydrogeologische Dokumentation der durchgeführten Bohrarbeiten erforderlich. Dazu gehört die DIN-konforme Dokumentation (gemäß DIN EN ISO 22475-1, DIN EN ISO 14688-1 und -2, DIN EN ISO 14689) der angetroffenen Schichten mit detaillierter Schichtbeschreibung, der Wasseranschnitte, des Wasserandrangs sowie speziell im Festgestein festgestellter Kluft- und Störungszonen. Lässt das Bohrverfahren keine oder eine nur sehr eingeschränkte Dokumentation der angetroffenen Schichten zu, ist die Bohrung durch geeignete bohrlochgeophysikalische Messungen gemäß DVGW W 110 zu vermessen.
50. Dem LBEG (zuständige Behörde in Bezug auf das GeolDG) ist durch rechtzeitige Absprache die Möglichkeit der Begutachtung der Bohrproben und des sonstigen Beobachtungsmaterials einzuräumen.

51. Spätestens einen Monat nach Abschluss der Arbeiten sind die folgenden Unterlagen an die Untere Wasserbehörde zu übersenden:

- Bauprotokoll für Erdwärmesonden (Anhang 5a),
- Anlageninstallationsprotokoll/Prüfprotokoll für Erdwärmesondenanlagen (Anhang 5b),
- Fotodokumentation der Bohr-, Einbau- und Verfüllarbeiten (einschließlich Fotos von Sondenbündel, Suspensionsmischer, Verfüllmaterial und Probenahme),
- Lageplan der Anlage mit Bemaßung (Gebäude, Verteiler, Leitungen, Sondenpositionen mit Koordinaten),
- Aufgenommenes Schichtenverzeichnis/ Bohrprofil mit Ausbaudarstellung der Erdwärmesonde, Angaben zum Grundwasserspiegel und geophysikalischen Messungen (Thermal Response Test u. a.), ggf. Angaben zu Bohrproblemen oder sonstigen Vorkommnissen.

An das LBEG sind nach Abschluss der Arbeiten folgende Unterlagen zu liefern (Ablieferungsfrist nach GeolDG für Fachdaten 3 Monate und für Bewertungsdaten 6 Monate):

- Nach § 16 GeolDG sollen die Daten der zuständigen Behörde in einem von ihr benannten interoperablen Format elektronisch übermittelt werden. In Niedersachsen ist dies für Bohrungsdaten das SEP3-Format. Das SEP3-Format – und ggf. in der Zukunft weitere festgelegte Formate – werden auf der Homepage des LBEG im Bereich der Bohrdatenbank dokumentiert. Die E-Mail-Adresse zur Übermittlung der Untersuchungsergebnisse ist bohranzeige@lbeg.niedersachsen.de,
- Lageplan mit Zuordnung der Bohrungen zu den Bohridentifikationsnummern (BID) aus der Bohranzeige (ggf. mit Korrektur der Koordinaten).

2. Hinweise zu allgemeinen Verfahrensgrundlagen

1. Um zu verhindern, dass sich die Auswirkungen mehrerer Anlagen aufsummieren und damit zu schädlichen Auswirkungen

führen können, sollte ein Abstand zur Grundstücksgrenze von 5 m eingehalten werden (VDI 4640 Blatt 1). In dicht besiedelten Gebieten, in denen ein Abstand zur Grundstücksgrenze von 5 m nicht eingehalten werden kann, ist abhängig z. B. von der geplanten Bohrtiefe eine Abweichung von dieser Regelung möglich.

Nach BOLDT et al. (2016) hat das private Nachbarrecht den Ausgleich der nachbarlichen Interessen und damit „die geordnete Nutzung des vorhandenen Erdwärmepotenzials“ zu bewältigen.

2. Kalte Anlagenteile im Untergrund müssen zu Ver- und Entsorgungsleitungen entsprechend VDI 4640 Blatt 2 einen Abstand von mindestens 1 m einhalten. Zu bestehenden Gebäuden wird ein Mindestabstand von 2 m empfohlen (Standicherheit darf nicht gefährdet werden).
3. Werden Erdwärmesondenanlagen in Gebieten mit schwierigen geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen errichtet, kann die Wasserbehörde eine externe und unabhängige Bauüberwachung durch einen Fachkundigen fordern. Fachkundig ist, wer über ausreichend Fachkenntnisse im Bereich Dimensionierung von Erdwärmesondenanlagen verfügt sowie vertiefte Kenntnisse über Bohrtechnik, Baustoffe und eingesetzte Gerätschaften sowie Fachkunde in den Geowissenschaften nachweisen kann.

3. Hinweise zu Anlagen, die der AwSV unterliegen

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

Für die üblichen einwandigen Bauweisen von Erdwärmesonden sind in § 35 Abs. 2 AwSV besondere Randbedingungen formuliert, unter denen eine Ausnahme von den allgemeinen Anforderungen an unterirdische Rohrleitungen zulässig ist. Die Anlagen dürfen als unterirdische Anlagen gemäß § 45 AwSV nur von Fachbetrieben nach § 62 AwSV errichtet werden. Außerdem sind diese Anlagen vor Inbetriebnahme so-

wie nach einer wesentlichen Änderung, ansonsten wiederkehrend alle fünf Jahre (in Schutz- und Überschwemmungsgebieten alle 30 Monate) und bei Stilllegung durch einen Sachverständigen nach § 53 AwSV zu prüfen. Die Prüfungen umfassen die Ordnungsprüfung und die Technische Prüfung. Bei der Ordnungsprüfung ist auch die Dokumentation der Errichtung einschließlich der Druckprüfung zu kontrollieren. Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung ist zusätzlich die Dichtheit des Gesamtsystems zu prüfen.

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

Ist die weitere Zone eines Schutzgebietes unterteilt (z. B. Zone IIIA/III/B), so gilt als Schutzgebiet nur deren innerer Bereich (z. B. III/IIIA)

Anhang 1b: Allgemeine Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb einer Erdwärmekollektoranlage (empfohlene Nebenbestimmungen)

1. Technische Anforderungen an Bauausführung und Betrieb

Folgende technische Anforderungen an Bauausführung, Dokumentation und Betrieb von Erdwärmekollektoranlagen spiegeln die einschlägigen technischen Standards und Regelwerke wider, wie sie z. B. in den LAWA-Empfehlungen, den VDI-4640-Blättern 1–2 oder relevante DIN-Normen aufgeführt sind.

Erdwärmekollektoren sowie zugehörige Anlagenteile müssen den einschlägigen technischen Standards und Regelwerken entsprechen (Erdwärmekollektoren VDI 4640 Blatt 2, Wärmepumpen DIN 8901). Die Anschlussarbeiten der erdgekoppelten Anlagenteile mit dem Heizsystem (Wärmepumpe) müssen von einer fachkundigen Heizungsbaufirma bzw. einem eingetragenen Handwerksbetrieb ausgeführt werden.

Nach Anzeige des Vorhabens ist nicht vor Ablauf der Frist von einem Monat mit den angezeigten Arbeiten zu beginnen, sofern die Untere Wasserbehörde nichts anderes zulässt oder anordnet (vgl. § 49 WHG). Die Anzeigepflicht lässt die Einholung notwendiger privatrechtlicher und öffentlich-rechtlicher Zulassungen unberührt.

Bauarbeiten und Kollektoreinbau

1. Die Bauausführung ist nur von erfahrenen Fachfirmen (z. B. aus den Bereichen Rohrverlegung, Sanitär-Heizung-Klima) auszuführen.
2. Auf die prinzipielle Sorgfaltspflicht bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können bzw. beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gemäß § 5 Abs. 1 WHG sowie § 87 NWG i. V. m. § 47 WHG wird verwiesen. Jegliche nachteilige Veränderung der Beschaffenheit des Grundwassers ist auszuschließen. Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, die in nicht unerheblicher Menge ausgetreten sind, sind der Wasserbehörde oder Polizei unverzüglich anzuzeigen. Der Verursacher muss in Eigenverantwortung Sofortmaßnahmen zur Schadensbehebung oder -minimierung ergreifen.
3. Bei bindigen Deckschichten: Die vor dem Bau bestehende Dichtwirkung der Deckschichten ist wiederherzustellen (z. B. durch Verfüllen mit dem bindigen Aushubmaterial).
4. Bei Verlegung im Grundwasser: allseitige Ummantelung der Kollektorrohre mit grundwasserunschädlichem Dichtmaterial, um im Falle einer Leckage die Ausbreitung der Wärmeträgerflüssigkeit in das Grundwasser zu verhindern bzw. deutlich einzuschränken.
5. Bei Verlegung oberhalb des Grundwassers: Um die Kollektorrohre vor Punktlasten zu schützen, sind sie ggf. in einem Sandbett zu verlegen (VDI 4640 Blatt 2). Bauschutt und scharfe Steine sind zu entfernen, da Punktlasten zur Beschädigung der Rohre führen können. Der Kollektor ist mit einem Warnband, das 30 cm oberhalb des Kollektors verlegt wird, vor Beschädigung bei späteren Grabarbeiten zu sichern (VDI 4640 Blatt 2).
6. Für den Kollektorbau ist Rohrmaterial in mindestens PE-100-RC-Qualität zu empfehlen, da hier eine erhöhte Spannungsriss-, Kerb- und Punktlastbeständigkeit gegeben ist.
7. Bei der Nutzung von Erdwärme sollten als Wärmeträgermedien Wasser oder nicht wassergefährdende Stoffe zum Einsatz kommen. Alternativ dürfen Stoffe aus der „Positivliste für Wärmeträgermedien“ der LAWA (s. <http://www.lawa.de>) verwendet werden. Dabei sind Wärmeträgermedien ohne oder mit geringem Additivanteil zu bevorzugen.
8. Bei den Anbindeleitungen sind im Erdreich unlösbare Rohrverbindungen zu verwenden. Sollten lösbare Rohrverbindungen oder Armaturen (z. B. Verteilerbalken) notwendig sein, sind diese in flüssigkeitsundurchlässigen, jederzeit zugänglichen Kontroll-/Verteilerschächten oder in flüssigkeitsundurchlässigen, kontrollierbaren Schutzrohren anzuordnen.
9. Alle Kollektorkreise sollten einzeln absperrbar sein.
10. Alle Leitungen sind ansteigend zum Haus oder Entlüftungsventil hin zu verlegen.

11. Materialien, die in den Untergrund eingebracht werden, sollen ungiftig und korrosionssicher (Tauwasserbildungsgefahr) und für den geplanten Temperaturbereich geeignet sein.
12. Rohre, die für den Kollektorbau verwendet werden, müssen güteüberwacht (z. B. SKZ, TÜV) und vom Hersteller für die Verwendung als Erdwärmekollektor vorgesehen sein. Freiliegende Rohrleitungen und Geräte sind UV-beständig auszuführen.
13. Nach Einbau der Kollektoren sind die mit Wasser gefüllten Kollektorrohre bis zum Anschluss an die Wärmepumpe mit Kapfen dicht zu verschließen. In Monaten mit Frostgefahr sind Sicherungsmaßnahmen durchzuführen, um Beschädigungen des Kollektors auszuschließen.

Betrieb der Erdwärmekollektoren

14. Die Befüllung der Erdwärmekollektoranlage darf nur mit dem außerhalb des Sondenkreislaufs angemischten Wärmeträgermedium vorgenommen werden.
15. Folgende Druck-/Dichtigkeitsprüfungen müssen erfolgen:
 - a. Dichtigkeits-/Durchflussprüfung nach Verlegen/Einbau des Kollektors vor dem Abdecken mit Bodenmaterial,
 - b. Dichtigkeitsprüfung aller erdseitigen Bauteile (Kollektoren, Verteilerschächte, Anbindeleitungen etc.) mit dem 1,5fachen des Betriebsdruckes vor Inbetriebnahme am Übergabepunkt im Haus (Anhang 6b).
16. Die Erdwärmeanlage ist durch eine selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtung (baumustergeprüfter Druckwächter) zu sichern. Im Falle einer Leckage des Systems muss die Umwälzpumpe sofort abgeschaltet und ein Störsignal abgegeben werden. Bei Schadensfällen ist die zuständige Untere Wasserbehörde umgehend zu unterrichten.
17. Es sollte eine minimale Temperatur des vom Erdwärmekollektor zur Wärmepumpe zurückkehrenden Wärmeträgermittels von $> -5\text{ °C}$ gewährleistet werden (VDI 4640 Blatt 2).

18. Bei Grabenkollektoren sind die DIN-Normen zur Arbeitssicherheit bei der Erstellung von Gruben und Böschungen (z. B. DIN 4124) zu beachten.
19. Die Inbetriebnahme einer Erdwärmeanlage darf erst erfolgen, wenn ihre bescheidkonforme Errichtung durch eine Bauabnahme oder eine Dokumentation (s. u.) nachgewiesen wurde.
20. Der Betreiber der Anlage ist in die Bedienung, die Wartung und das Verhalten im Störfall einzuweisen. Es wird empfohlen ein Betriebstagebuch „Erdwärmenutzung“ zu führen, in dem Kontroll- und Wartungsarbeiten sowie gegebenenfalls eingetretene Störfälle dokumentiert werden.
21. Bei Nutzungsänderungen (z. B. die Erhöhung der Heizleistung, Austausch der Wärmepumpe, Nutzung zu Kühlzwecken oder Ersetzen des Wärmeträgermittels) ist die Untere Wasserbehörde zu informieren.
22. Bei Eigentümerwechsel gehen alle Rechte und Pflichten auf den neuen Eigentümer über. Der Eigentümerwechsel ist der Unteren Wasserbehörde anzuzeigen.
23. Die mehrjährige Außerbetriebnahme oder endgültige Stilllegung einer Erdwärmeanlage ist in Abstimmung mit der zuständigen Unteren Wasserbehörde vorzunehmen. Das Wärmeträgermedium muss mit Trinkwasser vollständig aus dem Erdwärmekollektor ausgespült und nachweislich fachgerecht entsorgt werden. Im Untergrund verbleibende und auf diese Weise gereinigte Rohre der Erdwärmeanlage sind vollständig mit Trinkwasser zu füllen und dicht zu verschließen. Die genaue Lage der Erdwärmekollektoren auf dem Grundstück ist vom Eigentümer zu verifizieren und zu dokumentieren.

Dokumentation

24. Nach Fertigstellung der Anlage sind die nachfolgend aufgelisteten Dokumente an die Untere Wasserbehörde zu übersenden:
 - Bauprotokoll für Erdwärmekollektoren (Anhang 6a),
 - Anlageninstallationsprotokoll/Prüfprotokoll für Erdwärmekollektoranlagen (Anhang 6b),

- Einbaudarstellung der Anlage mit Bemaßung (Gebäude, Verteiler, Anbindeleitungen, Kollektorfläche),
- Bodenaufbau (ggf. mit Grundwasserstand).

2. Hinweise zu allgemeinen Verfahrensgrundlagen

1. Wenn beim Kollektoreinbau unerwartet Grundwasser erschlossen wird, ist die Untere Wasserbehörde umgehend zu informieren.
2. Kalte Anlagenteile im Untergrund müssen zu Ver- und Entsorgungsleitungen entsprechend VDI 4640 Blatt 2 einen Abstand von mindestens 1 m einhalten, zu bestehenden Gebäuden mindestens 1 m für Flächenkollektoren und mindestens 2 m für vertikale Kollektoren (z. B. Spiralkollektoren). Nach VDI 4640 Blatt 1 sind bei Erdwärmekollektoren Grenzabstände von 1 m einzuhalten.
3. Erdwärmekollektoren dürfen nicht überbaut und die Oberfläche darf nicht versiegelt werden (VDI 4640 Blatt 2).

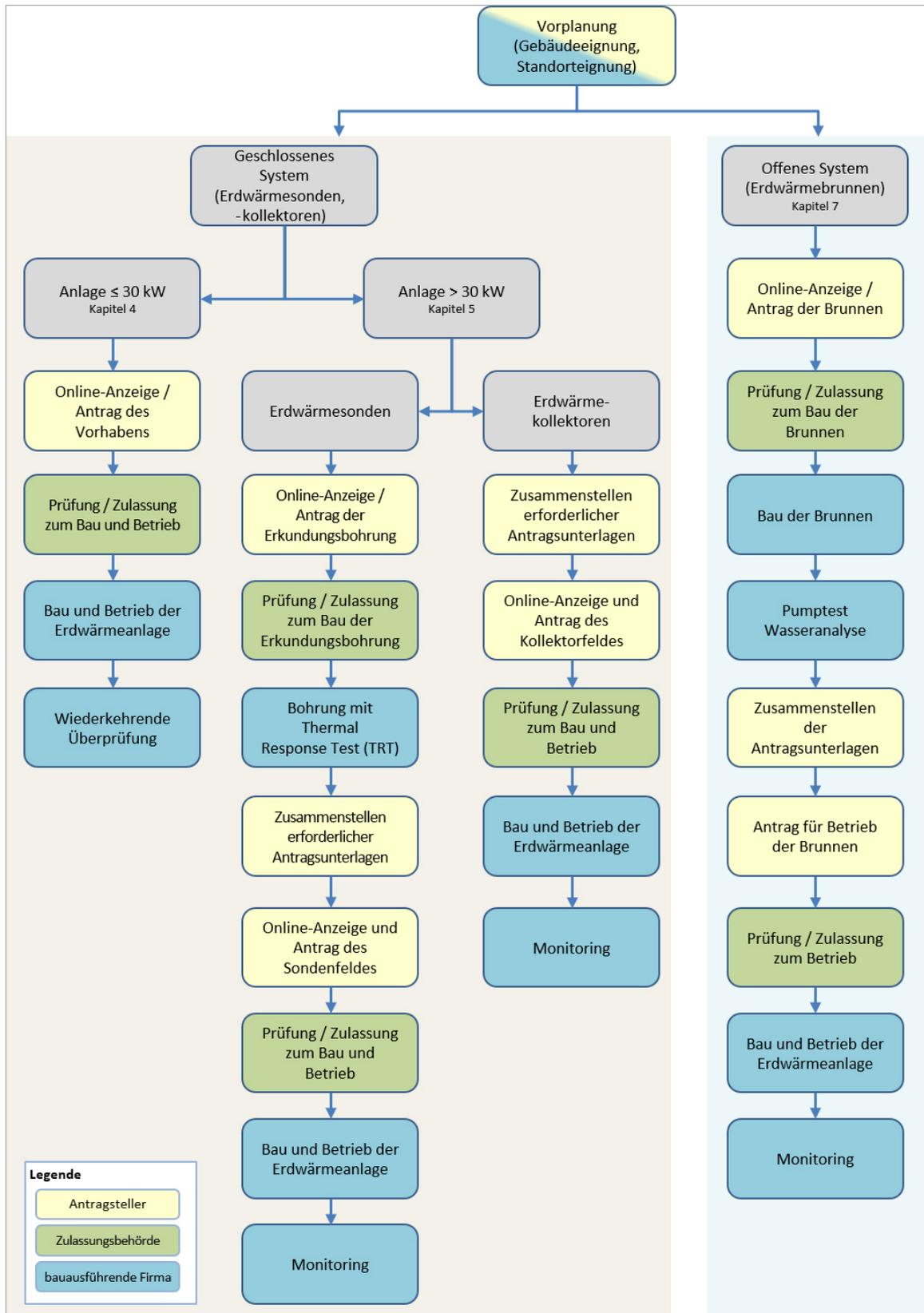
3. Hinweise zu Anlagen, die der AwSV unterliegen

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

Für die üblichen einwandigen Bauweisen von Erdwärmekollektoren sind in § 35 Abs. 2 AwSV besondere Randbedingungen formuliert, unter denen eine Ausnahme von den allgemeinen Anforderungen an unterirdische Rohrleitungen zulässig ist. Die Anlagen dürfen als unterirdische Anlagen gemäß § 45 AwSV nur von Fachbetrieben nach § 62 AwSV errichtet werden. Außerdem sind diese Anlagen vor Inbetriebnahme sowie nach einer wesentlichen Änderung, ansonsten wiederkehrend alle fünf Jahre (in Schutz- und Überschwemmungsgebieten alle 30 Monate) und bei Stilllegung durch einen Sachverständigen nach § 53 AwSV zu prüfen. Die Prüfungen umfassen die Ordnungsprüfung und die Technische Prüfung. Bei der Ordnungsprüfung ist auch die Dokumentation der Errichtung einschließlich der Druckprüfung zu kontrollieren. Im Rahmen der wiederkehrenden Prüfung ist zusätzlich die Dichtheit des Gesamtsystems zu prüfen. Bei Erdwärmenutzungen mit Erdwärmekollektoren sind insbesondere die besonderen Anforderungen an Erdwärmekollektoren gemäß § 35 Abs. 2 AwSV und die Anforderungen an Anlagen in Schutzgebieten gemäß § 49 Abs. 2 Nr. 4 AwSV zu beachten. § 49 Abs. 1 und 2 AwSV regeln Verbote für die Errichtung, Erweiterung und den Betrieb von Anlagen in Schutzgebieten. Ferner sind solche Anlagen auch in anderen Gebieten gemäß § 35 Abs. 2 Satz 1 Nr. 2 AwSV nur zulässig, wenn ihr Wärmeträgerkreislauf ständig überwacht wird und die Anlage sich bei einer Leckage automatisch abschaltet. Des Weiteren sind in § 35 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 AwSV Vorgaben bezüglich zulässiger Wärmeträgermedien getroffen.

Ist die weitere Zone eines Schutzgebietes unterteilt (z. B. Zone IIIA/III/B), so gilt als Schutzgebiet nur deren innerer Bereich (z. B. III/IIIA).

Anhang 2: Verfahrensablauf zur Errichtung von Erdwärmeanlagen



Anhang 3: Anforderungen an einen Bericht zur Anlagenüberwachung (Monitoringbericht)

Der Monitoringbericht dient zur Beweissicherung eines korrekten Anlagenbetriebes.

Nach Fertigstellung einer Erdwärmeanlage bedarf deren Einregulierung in der Regel eines Zeitraumes von mindestens einem Jahr. Innerhalb dieses Zeitraumes wird die Anlage auf individuelle Benutzeranforderungen eingestellt, wodurch sich das Betriebsverhalten erheblich verändern kann. Betriebsdaten, die nach Beendigung dieser Arbeiten gewonnen werden, repräsentieren das tatsächliche mittel- bis langfristige Betriebsverhalten der Anlage.

Der Monitoringbericht gibt einen Überblick über die Betriebsweise der Erdwärmeanlage im Verlauf des vergangenen Jahres bzw. der vergangenen Jahre. Ein wenige Seiten umfassendes Dokument ist anzustreben. Nachfolgend sind die geforderten Inhalte des Monitoringberichtes im Einzelnen näher erläutert.

1. Rahmeninformationen zum Bericht

Folgende Rahmeninformationen sind dem Bericht voranzustellen:

- Nummer und Titel des Berichts,
- Name und Anschrift des Autors/der Autoren,
- Inhaber und Datum der wasserrechtlichen Erlaubnis,
- Für die Betriebsüberwachung verantwortliche Person(en),
- Berichtszeitraum und Datum der Berichtsverfassung,
- Sofern vorhanden, Auflistung von Nummer, Titel, Autor(en) und Datum sämtlicher früherer Monitoringberichte.

2. Kurzbeschreibung der Anlage

Die Kurzbeschreibung der Erdwärmeanlage dient sowohl der Darstellung baulicher als auch betriebsbedingter Charakteristika. Darzustellen sind die Informationen zur tatsächlich realisierten Erdwärmeanlage und deren konkreter Nutzung, welche häufig erheblich von der ursprünglich in den Antragsunterlagen beschriebenen Nutzung abweicht. Von der ursprünglichen Planung abweichende Anlagenparameter sind zu erläutern.

Folgende Themen sind zu behandeln:

- kurze Chronologie der Erdwärmeanlage: Anlagenerrichtung, Zulassung/Anzeige Betriebsbeginn, Anlagenerweiterungen, ggf. Betriebsunterbrechungen und Gründe hierfür,
- Anzahl und Länge/Fläche der errichteten/betriebenen Erdwärmesonden/-kollektoren/-brunnen sowie ggf. Anzahl und Tiefe vorhandener Messstellen,
- Übersichtsplan mit Lage der errichteten/betriebenen Erdwärmesonden/-kollektoren oder -brunnen sowie etwaiger Messstellen (i. d. R. im Maßstab 1 : 5.000),
- Hersteller/Typ der installierten Wärmepumpe(n),
- Methodik der Messwertaufnahme (wie, wo und unter Zuhilfenahme welcher Messtechnik wurden die beschriebenen Daten gewonnen),
- Betriebsweise der Erdwärmeanlage:
 1. Heizbetrieb, Kühlbetrieb oder beides,
 2. mono-/bivalent, monoenergetisch etc.,
 3. geothermischer Deckungsgrad,
- Änderungen zur ursprünglich geplanten/beantragten Nutzung (z. B. zusätzliche Wärmeversorgung eines Erweiterungsbaus, Veränderung Heizwärme-/Kühlbedarf).

3. Darstellung der Rohdaten

Zur Überprüfung des ordnungsgemäßen Betriebs der Anlage ist die Aufnahme, Darstellung und Auswertung spezifischer Betriebsdaten erforderlich. Zur Nachvollziehbarkeit einzelner Prozesse müssen Messwerte in entsprechender Menge und Qualität vorliegen.

Folgende Rohdaten sind dem Bericht in weiterverarbeitbarer digitaler, tabellarischer Form auf Datenträgern beizufügen:

- Vor- und Rücklauftemperaturen der Gesamtanlage bzw. der Förder- und Schluckbrunnen in Form von Stundenwerten [°C], es sind vorzugsweise Temperaturtauchfühler mit einer Messgenauigkeit von $\pm 0,1$ K einzusetzen,
- Temperaturdaten aus Temperatur-/Grundwassermessstellen (sofern vorhanden) in Form von Tageswerten [°C] bzw. jeweils zum Ende der Heiz- und der Kühlperiode

(z. B. April und September) als Temperaturprofil über die gesamte Sondentiefe,

- Wärmemenge, die dem Untergrund entnommen wurde, in Form von Monats- und Jahreswerten [MWh/a] (Heizbetrieb),
- Wärmemenge, die in den Untergrund verbracht wurde, in Form von Monats- und Jahreswerten [MWh/a] (Kühlbetrieb).

Optional können weitere aufgenommene Parameter (z. B. Ein- und Ausschaltzeiten der Verdichter oder Primärkreispumpe), die die Identifikation und Nachvollziehbarkeit von Fehlern und Problemen ermöglichen, angegeben werden. Hierzu können zählen:

- Stromverbrauch über einen separaten Stromzähler, der die eingesetzte Strommenge der Erdwärmeanlage (Wärmepumpenanlagen, einschließlich der für den Betrieb der peripheren Verbraucher, insbesondere der Sole- bzw. Wasserumwälzpumpen und des Notheizstabes) erfasst, mindestens in Form von Jahreswerten, besser in Form von Monatswerten [MWh/a],
- Wärmemenge (alle in den Heizungskreislauf und an die Warmwasserbereitung abgegebenen Wärmemengen), mindestens in Form von Jahreswerten, besser in Form von Monatswerten [MWh/a].

4. Auswertung und Interpretation der Messdaten

Die Auswertung und Interpretation dienen dazu, den ordnungsgemäßen Betrieb der Erdwärmeanlage nachzuweisen. Hierzu sind die gewonnenen Daten des Berichtszeitraumes mit der in der Planungsphase der Anlage prognostizierten Temperaturentwicklung im Untergrund und – sofern vorhanden – mit den Daten vorheriger Betriebsjahre zu vergleichen. Es ist zu prüfen, ob die im Erlaubnisbescheid festgesetzten Temperaturgrenzen eingehalten wurden.

Hierzu sind im Bericht folgende Diagramme zu erstellen:

- Jahresgang der Vorlauf-/Rücklauftemperaturen der Erdwärmeanlage (Gesamtfeld) bzw. der Förder- und Schluckbrunnen (ggf. ergänzt um die Außentemperatur),
- Jahresgang der Erdreichtemperaturen aus ggf. errichteten Messstellen,
- Gegenüberstellung der geplanten und tatsächlich dem Untergrund entnommen/ in den Untergrund eingebrachten Wärmemengen (Summe monatsweise),
- falls bereits Ergebnisse (Monitoringberichte) aus vorangegangenen Betriebsjahren vorhanden sind, sind diese den aktuellen Messwerten als zusätzliche Kurve in den Diagrammen gegenüberzustellen.

In der Betriebsphase einer Erdwärmeanlage kann es zu Abweichungen der tatsächlichen von der prognostizierten Temperaturentwicklung (z. B. durch geändertes Nutzungsverhalten) und zu extremen kurzzeitigen Temperaturverläufen (z. B. durch einen besonders kalten Winter oder durch Ausfall von Systemkomponenten) kommen. Im Rahmen der Auswertung sind solche Temperaturverläufe kritisch zu diskutieren.

Im Einzelnen sind folgende Aspekte zu behandeln:

- Einstufung der Temperaturmesswerte in zu erwartende Werte und Extremwerte,
- Erläuterung der Ursachen für etwaige Unterschiede zwischen prognostiziertem und gemessenem Temperaturverlauf,
- Erläuterung und Diskussion der Ursachen für etwaige Extremwerte,
- Prognose der mittel- bis langfristigen Temperaturentwicklung im Untergrund/Grundwasser,
- Empfehlungen zum zukünftigen Betrieb der Anlage und ggf. geplante Maßnahmen zur Korrektur etwaig festgestellter ungünstiger Betriebszustände.

Anhang 4: Musterleistungsverzeichnis für die Erstellung von Erdwärmesonden⁶

Baubeschreibung:

(Fall Neubau)

Im Zuge der Erstellung des Gebäudes (auftraggebende Person); Flstk. Nr.; (Adresse) in (Stadt/Gemeinde/Ortsteil) ist/sind (Anzahl) Erdwärmesondenbohrung(en) niederzubringen. Die Arbeiten sollen im Zeitraum von..... bis (jeweils KW und Jahr) durchgeführt werden.

(Fall bestehendes Gebäude)

Das Gebäude(auftraggebende Person); Flstk. Nr. ; (Adresse) in(Stadt/Gemeinde/Ortsteil) wird mit einer neuen Heizanlage auf Basis einer Wärmepumpe ausgestattet. Es ist/sind daher (Anzahl) Erdwärmesondenbohrung(en) niederzubringen. Die Arbeiten sollen im Zeitraum von bis (jeweils KW und Jahr) durchgeführt werden.

Eine Zufahrtsmöglichkeit für Schwerlastverkehr bis zu t und m Breite besteht/besteht nicht. Ein Stromanschluss 230 V/400 V ist bauseits vorhanden/ist vom Auftragnehmer (AN) zu stellen. Ein Trinkwasseranschluss ist bauseits vorhanden/für einen Trinkwasseranschluss ist seitens des AN zu sorgen.

Das Baugrundstück verfügt über einen Abwasseranschluss/für die Abwasserentsorgung ist vom AN zu sorgen.

Die folgenden Informationen für das Bohrfeld sind wegen des Zeitbedarfs vom Auftraggeber (AG) einzuholen: Kampfmittelfreigabe nach Luftbilddauswertung beim Kampfmittelbeseitigungsdienst Hannover und Informationen über Leitungstrassen bei den Leitungsbetreibern/Ver- und Entsorgungsträgern. Der AN hat zu prüfen, dass diese Unterlagen bei Bohrbeginn vorliegen. Ggf. kann der Auftraggeber den AN beauftragen, die Information über vorhandene Leitungstrassen im Bohrfeld beizubringen. Hierfür entstehende Aufwendungen des AN sind in den Angebotspreis einzukalkulieren.

Die Baubeschreibung ersetzt nicht die Kenntnisse der Verhältnisse vor Ort. Der AN hat die Baustelle deshalb vor Baubeginn zu besichtigen und zu kontrollieren. Hierzu gehört auch die Einholung von Informationen über die geologischen Untergrundverhältnisse und Risiken am Bohrplatz. Ggf. erforderliche Abstimmungen mit anderen Firmen sind Sache des AN.

Die VOB, die Auflagen der Zulassungsbehörde und die Empfehlungen zur Bauausführung sind Vertragsbestandteil.

Insbesondere, wenn sich bei der Bohrung signifikante Unterschiede zur prognostizierten Schichtenfolge oder unvorhergesehene Besonderheiten oder Anomalien ergeben, ist das weitere Vorgehen mit dem AG, dem Planer und der Unteren Wasserbehörde abzustimmen.

Alle Beeinträchtigungen des Baugrundstücks, die durch den AN erfolgt sind, sind nach Beendigung der Arbeiten vollständig zu beseitigen. Beschädigungen sind im Einvernehmen mit dem AG zu beheben.

Der AN hat den AG die Fertigstellung seiner Arbeiten anzuzeigen. Nach Fertigstellung der Anlage ist eine Abnahme durchzuführen. Die Abnahme beinhaltet u. a. die Übergabe der kompletten Dokumentation der Unterlagen nach Pos. 5.7 und 5.8 einschließlich Einmaßdaten und Ausbauzeichnung.

Der AN übernimmt gemäß VOB für alle seine Arbeiten eine Gewährleistung.

Die Abnahme der Leistungen des AN ist zu protokollieren.

⁶ Angelehnt an UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (2009).

Übergabepunkt der ausführenden Bohrfirma an die nachfolgenden Gewerke ist:

- Ausgang Erdwärmesonde
- Schachtbauwerk
- Heizraum
- (Sonstiges).....

Eventualposition (für den Fall mehrerer Erdsonden)

Da zwei (drei) Erdsonden zur Ausführung gelangen, ist darauf zu achten, dass die Längen aller Erdsonden einschließlich der jeweiligen Anschlussleitungen bis zum Verteiler exakt gleich lang sind, damit beim Anschluss an den Verteiler kein hydraulischer Abgleich vorgenommen werden muss. Sollte das aus baulichen Gründen nicht möglich sein, so sind für Vor- und Rücklauf jeweils regelbare Sammelverteiler zu setzen. Ein hydraulischer Abgleich ist erforderlich.

Pos.	Leistung	Menge	Einheit/ Dimension	Einheits- preis	Gesamt- preis
1.	Anzeigen / Zulassungen				
1.1	Erstellen und Einreichen der erforderlichen Bohranzeigen und ggf. bergrechtlichen Anträge mit Antragsunterlagen (s. Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen)		Stück		
1.2	Erstellen und Einreichen der erforderlichen wasserrechtlichen Anträge mit Antragsunterlagen (s. Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen und Vorgaben der Wasserbehörde). Ausgenommen sind Nachforderungen der Wasserbehörde (z. B. hydrogeologische Stellungnahme).		Stück		
1.3	Beantragung Einleiterlaubnis (Eventualposition bei Luft-Spülbohrungen)	EP	Stück		
2	Baustelleneinrichtung				
2.1	Vorrichten, Verladen, Vorhalten der Ausrüstung für die Dauer der Baumaßnahme, An-/Abtransport, Einrichten und Räumen der Baustelle einschließlich Baustellensicherungsmaßnahmen		pauschal		
2.2	Umsetzen (Auf- und Abbau der Bohranlage einschließlich Zwischentransport zu weiterer Bohrung)		Stück		
2.3	Container für ordnungsgemäße Bohrgut-/Bohrspülungsentsorgung und Entsorgungskosten sowie Abwassergebühren (Entsorgung mit Nachweis)		pauschal		
3	Bohr-, Ausbau-, Verpressarbeiten				
3.1	Herstellen einer Bohrung mit einem der Geologie und der vorgesehenen Sondenlänge angepassten Bohrverfahren mit entsprechendem Mindestbohrdurchmesser (s. Leitfaden) einschließlich aller Hilfs- und Sperrverrohrungen Ø Bohrungen:.....mm Max. Endteufe (tiefste Bohrung):.....m		Meter (m)		
3.2	Probenahme (DIN EN ISO 22475-1), geologische Aufnahme der Bohrproben und Darstellung/Dokumentation der Schichtenfolge gemäß Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen.		pauschal		
3.3	Liefern und Einbau der vorkonfektionierten Erdwärmesonde(n), einschließlich Beschwerungsgewicht und herstellereitigem Druckprüfprotokoll Sondenmaterial: Hersteller: Durchmesser mm; Sondentyp: Beschwerungsgewicht:.....kg		Meter (m)		
3.4	Liefern und Einbau von Distanzhaltern je Erdwärmesonde		Stück		
3.5	Verfüllen des Ringraumes entsprechend den Vorgaben im Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen mit für geothermische Zwecke zugelassenem Verpressmaterial (Fertigprodukt). Dichte gemäß Hersteller > 1,4 kg/dm ³ Hersteller:..... Produktname:..... Wärmeleitfähigkeit:.....W/mK (Anhang 5a)		Kubikmeter (m ³)		

Pos.	Leistung	Menge	Einheit/ Dimension	Einheits- preis	Gesamt- preis
3.6	Liefen und Einbau eines EWS-Packers optional (z. B. bei artesischen Grundwasserverhältnissen am Standort)	1	Stück		E. P.
3.7	Durchführung der Dichtigkeits- und Druckprüfungen nach Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen und dichter Abschluss der EWS-Stränge mittels geeigneter Verschlusskappen bis zur Anbindung der Anschlussleitungen, einschließlich Dokumentation		Stück		
3.8	Eventualposition Beseitigung von Bohrhindernissen einschließlich An- und Abtransport sowie Vorhalten der dazu benötigten Ausrüstung (gemäß ATV DIN 18301 „Besondere Leistung“)	1	Stunde (h)		E. P.
4	Horizontale Anbindung und Verteilerbauwerk				
4.1	Graben für horizontale Anbindung profilgerecht ausheben, Grabenbreitem, Grabentiefe 1 m, Aushub seitlich lagern und nach Rohrverlegung wieder verfüllen sowie verdichten einschließlich Ein- und Rückbau von Verbau nach Wahl des AN (DIN 4124) und einschließlich Verpressmaterial		Meter (m)		
4.2	Elektroschweißhosenrohr PEHD, Dimensionenx.....mm, Hersteller..... liefern und mit den Leitungen fachgerecht verschweißen (DVS 2207, DVGW GW 330)		Stück		
4.3	PEHD-Rohr, Rohrdimensionenx.....mm als Sammel- und Anschlussleitung mit Trassenwarnband liefern und verlegen einschl. Ausrichten, Biegen und Befestigen		Meter (m)		
4.4	Eventualposition Baugrube für die Montage eines Verteiler-Fertigschachtes ausheben. Grubenmaßex.....x.....m, Aushub seitlich lagern und nach Schachteinbau und Anschlussarbeiten wieder verfüllen und verdichten einschließlich Ein- und Rückbau von Verbau nach Wahl des AN (DIN 4124).		pauschal		E. P.
4.5	Eventualposition Liefern, Einbau und Anschluß von Verteiler Fertigschacht Fabrikat		pauschal		E. P.
4.6	Eventualposition Verteilereinheit Fabrikat mit Abgängen, einschließlich Absperrvorrichtungen und Vorrichtung für hydraulischen Abgleich liefern, montieren und anschließen.	1	Stück		E. P.
4.7	Eventualposition Erstellen von zwei Kernbohrungen für Gebäudeeinführung, Durchmessermm durch Mauerwerk oder Stahlbetonwände einschließlich Lieferung und Montage von gas- und wasserdichter Mauerdurchführung Fabrikat.....	2	Stück		

Pos.	Leistung	Menge	Einheit/ Dimension	Einheits- preis	Gesamt- preis
4.8	Eventualposition Liefern und Einbringen von Wärmeträgerflüssigkeit einschließlich Spülen und Entlüften der Gesamtanlage sowie mischen bis zu einer Konzentration von% Produktname:..... einschließlich Dokumentation (Herstellerdatenblatt)		Liter		
4.9	Eventualposition Durchführung einer Druck-Dichtigkeitsprüfung der Gesamtanlage mit dem 1,5fachen Betriebsdruck		pauschal		
4.10	Erstellen und Liefern des Bauprotokolls für Erdwärmesondenanlagen gemäß Leitfaden Erdwärmenutzung in Niedersachsen		pauschal		
5	Eventualpositionen und Dokumentationen				
5.1	Geologe	1	Stunde (h)		E. P.
5.2	Geräteführer	1	Stunde (h)		E. P.
5.3	Bohrhelfer/Monteur	1	Stunde (h)		E. P.
5.4	Bohranlage komplett	1	Stunde (h)		E. P.
5.5	Montagewagen	1	Stunde (h)		E. P.
5.6	Kleinbagger	1	Stunde (h)		E. P.
5.7	Fotodokumentation der wesentlichen Arbeiten, insbesondere der Bohr-, Ausbau-, und Verpressarbeiten einschließlich der eingesetzten Geräte, Materialien und Techniken sowie der errichteten Erdwärmesonden mit eindeutigem Bezug zur örtlichen Baustelle		pauschal		
5.8	Zusammenstellung der Gesamtdokumentation, bestehend aus: Bohrprotokollen (Schichtenverzeichnis Pos. 3.2, Spülungsprotokoll), Ausbauprotokolle (Herstellerdatenblatt Verpressmaterial, Verpressprotokoll), Dichtigkeits- und Druckprotokolle (werksseitiges Protokoll für die Sonde und Sondenfuß, bauseitige Prüfung Pos. 3.7 und 4.9), Schweißprotokolle, Bauprotokoll für Erdwärmesondenanlagen (Pos. 4.10) ggf. (Eventualpositionen) Anlageninstallationsprotokoll und Herstellerdatenblatt Wärmeträgerflüssigkeit (Pos. 4.8) in facher Ausfertigung.		pauschal		

1	Teilsomme Zulassungen	
2	Teilsomme Baustelleneinrichtung	
3	Teilsomme Bohr-, Ausbau-, Verpressarbeiten	
4	Teilsomme Horizontale Anbindung und Verteilerbauwerk	
5	Teilsomme Eventualpositionen und Dokumentationen	
	Nettobetrag	
	Mehrwertsteuer	
	Gesamtbetrag	

Anhang 5a: Bauprotokoll für Erdwärmesonden

Auftraggebende Person:	
Ausführende Firma:	
Adresse Baustelle:	Seite: von Seiten

Erdwärmesonde Nr.:

Hersteller/Fabrikationsnummer				
Länge [m]				
Durchmesser außen [mm]	32 <input type="checkbox"/>	40 <input type="checkbox"/>	___ mm <input type="checkbox"/>	
Doppel-U / Einfach-U / Koaxial	Doppel-U <input type="checkbox"/>	Einfach-U <input type="checkbox"/>	Koaxial <input type="checkbox"/>	
Material	PE-RC <input type="checkbox"/>	PE-X <input type="checkbox"/>	PE-RT <input type="checkbox"/>	anderes <input type="checkbox"/>
Anderes Material als PE (Bezeichnung)				

Sondendichtheitsprüfung vor Einbau in die Bohrung

Prüfdatum	Kreis 1	Kreis 2
Optische Prüfung vor Einbau erfolgt?	Ja <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
EWS vor Einbau gespült	Ja <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Sondendichtheit vor Einbau gegeben	Ja <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>

Sondendichtheitsprüfung vor Einbringen der Verfüllung im wasser-/spülungsgefüllten Bohrloch

	Kreis 1	Kreis 2
Prüfdatum		
Prüfdruck [bar]		
Prüfzeit [h]		
Sondendichtheit vor Verfüllung gegeben	Ja <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>

Verfüllung

Produktname		
Dichte [kg/l] ist		
Absetzmaß [%]		
Klumpenbildung („Siebtest“)	Nein <input type="checkbox"/>	
Bohrdurchmesser [mm] / Bohrtiefe [m]		
Soll-Verfüllmenge [l]		
Ist-Verfüllmenge [l]		
Verfüllung über	PE-Rohr <input type="checkbox"/>	Stahl-Gestänge <input type="checkbox"/>
Mischertyp	Chargenmischer <input type="checkbox"/>	Durchlaufmischer <input type="checkbox"/>
Verfülldauer [h]		

Abnahme

Ausführende Firma Sondenbau

Datum, Stempel, Unterschrift verantwortliche Fachkraft / Geräteführer

**Anhang 5b: Anlageninstallationsprotokoll /
Prüfprotokoll für Erdwärmesondenanlagen**

Auftraggebende Person:
Ausführende Anlagenbaufirma:
Adresse Baustelle:

		Kontrolle / Bemerkung
Anlagenleistung (Heizleistung) [kW]		
Wärmepumpe (Typbezeichnung Hersteller)		
Temperaturwächter	Ja <input type="checkbox"/> Grenzttemperatur:	
Druckwächter	Ja <input type="checkbox"/> Schaltwert:	
Optional Wärmemengenzähler (Quelle/Geothermie)	Ja <input type="checkbox"/>	
Optional Wärmemengenzähler (Gebäude)	Ja <input type="checkbox"/>	
Optional Datenübertragungsmodul/ Langzeit-Datenspeicher	Ja <input type="checkbox"/>	
Kontrollschächte/Verteileranlagen trocken, keine Leckagen erkennbar	Ja <input type="checkbox"/>	
Anzahl Erdwärmesonden		
Flüssigkeitsvolumen je Sonde		
Länge der Zuleitungen [m]		
Flüssigkeitsvolumen Gesamtanlage [m ³]		
Produktname Wärmeträgermittel		
Konzentration Wärmeträgermittel [%]		
Druckdichtigkeitsprüfung der Gesamtanlage (1,5facher Betriebsdruck) erfolgt	Ja <input type="checkbox"/>	

Abnahme

Ausführende Firma Anlagenbau	Im Falle einer AwSV-Prüfung: Institution, prüfende Person

(Datum, Stempel, Unterschrift)

(Datum, Stempel, Unterschrift)

Anhang 6a: Bauprotokoll für Erdwärmekollektoren

Auftraggebende Person:
Ausführende Firma:
Adresse Baustelle:

Erdarbeiten

Grundwasserstand [m u. GOK]			
Bodentyp (z. B. Sand, Lehm, Torf, Ton, Kies)			
Füllboden (Material)			
Regenwasserversickerung auf dem Kollektor geplant?	Ja <input type="checkbox"/>		
Wasserhaltung beim Bau	Ja <input type="checkbox"/>		
Einbau Dichtmaterial, falls erforderlich	Ja <input type="checkbox"/>	Produktbezeichnung:	

Kollektoren

Hersteller/Produktbezeichnung				
Rohrmaterial	PE-RC <input type="checkbox"/>	PE-RT <input type="checkbox"/>	PE-X <input type="checkbox"/>	anderes <input type="checkbox"/>
Anderes Rohrmaterial (Bezeichnung, z. B. Kupfer)				
Kollektorart (Flächen-, Graben-, Spiralkollektor etc.)				
Max. Einbautiefe [m]				
Min. Einbautiefe [m]				
Flächenkollektor	Ja <input type="checkbox"/>	Fläche [m ²]:		
Flächenkollektor (mehrlagig)	Ja <input type="checkbox"/>	Anzahl der Lagen:		
Grabenkollektor	Ja <input type="checkbox"/>	Länge [m]:		
Spiralkollektor	Ja <input type="checkbox"/>	Durchmesser [mm]		
Anzahl der Kollektorelemente				

Abnahme

Ausführende Firma Erdarbeiten und Kollektorbau

(Datum, Stempel, Unterschrift)

**Anhang 6b: Anlageninstallationsprotokoll /
Prüfprotokoll für Erdwärmekollektoranlagen**

Auftraggebende Person:
Ausführende Anlagenbaufirma:
Adresse Baustelle:

		Kontrolle / Bemerkung
Anlagenleistung (Heizleistung) [kW]		
Wärmepumpe (Typbezeichnung Hersteller)		
Temperaturwächter	Ja <input type="checkbox"/> Grenztemperatur:	
Druckwächter	Ja <input type="checkbox"/> Schaltwert:	
Optional Wärmemengenzähler (Quelle/Geothermie)	Ja <input type="checkbox"/>	
Optional Wärmemengenzähler (Gebäude)	Ja <input type="checkbox"/>	
Optional Datenübertragungsmodul/ Langzeit-Datenspeicher	Ja <input type="checkbox"/>	
Kontrollschächte/Verteileranlagen trocken, keine Leckagen erkennbar	Ja <input type="checkbox"/>	
Anzahl Erdwärmekollektoren		
Flüssigkeitsvolumen je Kollektor		
Länge der Zuleitungen [m]		
Flüssigkeitsvolumen Gesamtanlage [m ³]		
Produktname Wärmeträgermittel		
Konzentration Wärmeträgermittel [%]		
Druckdichtigkeitsprüfung der Gesamtanlage (1,5facher Betriebsdruck) erfolgt	Ja <input type="checkbox"/>	

Abnahme

Ausführende Firma Anlagenbau	Im Falle einer AwSV-Prüfung: Institution, prüfende Person

(Datum, Stempel, Unterschrift)

(Datum, Stempel, Unterschrift)

Anhang 7a: Bauprotokoll für Erdwärmepumpensysteme

Auftraggebende Person:
Ausführende Firma:
Adresse Baustelle:

Bohrarbeiten

Bohrdurchmesser [mm]	
Flurabstand (Tiefe bis zum Grundwasserspiegel)	> 1 m unter GOK <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/>
Grundwasserstand [m u. GOK]	

Brunnenbau

Anzahl/Tiefe Förderbrunnen [m]			
Filterstrecke [m u. GOK]	von:	bis:	Körnung Filterkies:
Ausbaudurchmesser [mm]			
Anzahl/Tiefe Schluckbrunnen [m]			
Filterstrecke [m u. GOK]	von:	bis:	Körnung Filterkies:
Ausbaudurchmesser [mm]			
Ableitung des geförderten Wassers (Pumptest) in	Schluckbrunnen Ja <input type="checkbox"/>	Oberflächengewässer Ja <input type="checkbox"/>	Entwässerungskanal Ja <input type="checkbox"/>

Brunnenpumpe Typ

Hersteller Pumpe/Produktname	
Maximale Förderleistung [m³/h]	

Abnahme

Ausführende Firma Bohrleistungen und Brunnenbau

(Datum, Stempel, Unterschrift)

**Anhang 7b: Anlageninstallationsprotokoll /
Prüfprotokoll für Erdwärmeebrunnenanlagen**

Auftraggebende Person:
Ausführende Anlagenbaufirma:
Adresse Baustelle:

		Kontrolle / Bemerkung
Anlagenleistung (Heizleistung) [kW]		
Temperaturaufnahme Brunnenwasser	Ja <input type="checkbox"/>	
Druckwächter (Wärmepumpenkreislauf)	Ja <input type="checkbox"/>	
Optional Wärmemengenzähler (Quelle/Geothermie)	Ja <input type="checkbox"/>	
Optional Wärmemengenzähler (Gebäude)	Ja <input type="checkbox"/>	
Optional Datenübertragungsmodul/ Langzeit-Datenspeicher	Ja <input type="checkbox"/>	
Kontrollschächte trocken, keine Leckagen erkennbar	Ja <input type="checkbox"/>	
Anzahl Förderbrunnen		
Anzahl Schluckbrunnen		
Wärmetauscher (Hersteller, Bezeichnung)		
Zwischen-Wärmetauscher vorhanden	Ja <input type="checkbox"/>	
Wärmetauscher-Typ (z. B. Plattenwärmetauscher)		
Geplante Wasser-Fördermenge pro Jahr [m³/a]		

Abnahme

<p>Ausführende Firma Anlagenbau</p>	<p>Im Falle einer AwSV-Prüfung: Institution, prüfende Person</p>
--	---

(Datum, Stempel, Unterschrift)

(Datum, Stempel, Unterschrift)

Anhang 8: Adressen der Unteren Wasserbehörden

Landkreis Ammerland
Untere Wasserbehörde
Ammerlandallee 12
26655 Westerstede
Tel.: 04488/562560
wasserwirtschaft@ammerland.de

Landkreis Aurich
Untere Wasserbehörde
Postfach 1480
26584 Aurich
Tel.: 04941/166648
info@landkreis-aurich.de

Stadt Braunschweig
Untere Wasserbehörde
Postfach 3309
38023 Braunschweig
Tel.: 0531/470 6306
umweltschutz@braunschweig.de

Landkreis Celle
Untere Wasserbehörde
Postfach 1105
29201 Celle
Tel.: 05141/916 6651
wasser@lkcelle.de

Stadt Celle
Untere Wasserbehörde
Am Französischen Garten 1
29221 Celle
Tel.: 05141/126412
umwelt@celle.de

Landkreis Cloppenburg
Untere Wasserbehörde
Postfach 1480
49644 Cloppenburg
Tel.: 04471/15 147
kreishaus@lkclp.de

Landkreis Cuxhaven
Untere Wasserbehörde
Vincent-Lübeck-Straße 2
27474 Cuxhaven
Tel.: 04721/662532
wasser.abfall@landkreis-cuxhaven.de

Stadt Cuxhaven
Untere Wasserbehörde
Rathausplatz 1
27472 Cuxhaven
Tel.: 04721/7000
info@cuxhaven.de

Stadt Delmenhorst
Untere Wasserbehörde
Rathausplatz 1
27749 Delmenhorst
Tel.: 04221/99 1156
umwelt@delmenhorst.de

Landkreis Diepholz
Untere Wasserbehörde
Postfach 1340
49343 Diepholz
Tel.: 05441/976 1264
wasserwirtschaft@diepholz.de

Stadt Emden
Untere Wasserbehörde
Postfach 2254
26702 Emden/Ostfriesland
Tel.: 04921/871474
umwelt@emden.de

Landkreis Emsland
Untere Wasserbehörde
Postfach 1562
49705 Meppen
Tel.: 05931/44 0
info@emsland.de

Landkreis Friesland
Untere Wasserbehörde
Postfach 1244
26436 Jever
Tel.: 04461/919 5000
landkreis@friesland.de

Landkreis Gifhorn
Untere Wasserbehörde
Postfach 13 60
38516 Gifhorn
Tel.: 05371/82 684
wasserwirtschaft@gifhorn.de

Landkreis Goslar
Untere Wasserbehörde
Postfach 2020
38610 Goslar
Tel.: 05321/76 679
umwelt@landkreis-goslar.de

Stadt Goslar
Untere Wasserbehörde
Postfach 2569
38615 Goslar
Tel.: 05321/704 0
stadtverwaltung@goslar.de

Landkreis Göttingen
Untere Wasserbehörde
Reinhäuser Landstraße 4
37083 Göttingen
Tel.: 0551/525 458
wasserwirtschaft@landkreisgoettingen.de

Stadt Göttingen
Untere Wasserbehörde
Hiroshimaplatz 1-4
37083 Göttingen
Tel.: 0551/400 2245
umwelt@goettingen.de

Landkreis Grafschaft Bentheim
Untere Wasserbehörde
van-Delden-Straße 1-7
48529 Nordhorn
Tel.: 05921/96 1531
bohranzeigen@grafschafft.de

Stadt Hameln
Untere Wasserbehörde
Rathausplatz 1
31785 Hameln
Tel.: 05151/202 0
untere-wasserbehoerde@hameln.de

Landkreis Hameln-Pyrmont
Untere Wasserbehörde
Postfach 101335
31763 Hameln
Tel.: 05151/903 4308
wasser@hameln-pyrmont.de

Region Hannover
Untere Wasserbehörde
Postfach 147
30001 Hannover
Tel.: 0511/616 22504
gewaesserschutz@region-hannover.de

Landkreis Harburg
Untere Wasserbehörde
Postfach 1440
21414 Winsen (Luhe)
Tel.: 04171/693 320
erdwaerme@lkharburg.de

Landkreis Heidekreis
Untere Wasserbehörde
Winsener Straße 17
29614 Soltau
Tel.: 05191/970 717
wasserbehoerde@heidekreis.de

Landkreis Helmstedt
Untere Wasserbehörde
Postfach 1560
38335 Helmstedt
Tel.: 05351/121 2522
wasserbehoerde@landkreis-helmstedt.de

Landkreis Hildesheim
Untere Wasserbehörde
Bischof-Janssen-Straße 31
31134 Hildesheim
Tel.: 05121/3090
FDL303@landkreishildesheim.de

Stadt Hildesheim
Untere Wasserbehörde
Postfach 101255
31112 Hildesheim
Tel.: 05121/301 3170
untere-wasserbehoerde@stadt-hildesheim.de

Landkreis Holzminden
Untere Wasserbehörde
Postfach 1353
37593 Holzminden
Tel.: 05531/707 405
wasser@landkreis-holzminden.de

Landkreis Leer
Untere Wasserbehörde
Bergmannstraße 37
26789 Leer/Ostfriesland
Tel.: 0491/926 0
wasserwirtschaft@lkleer.de

Stadt Lingen (Ems)
Untere Wasserbehörde
Elisabethstraße 14-16
49808 Lingen (Ems)
Tel.: 0591/9144 383
info@lingen.de

Landkreis Lüchow-Dannenberg
Untere Wasserbehörde
Postfach 1252
29432 Lüchow (Wendland)
Tel.: 05841/120 576
66.umwelt@luechow-dannenberg.de

Landkreis Lüneburg
Untere Wasserbehörde
Auf dem Michaeliskloster 4
21335 Lüneburg
Tel.: 04131/26 1349
umwelt@landkreis.lueneburg.de

Hansestadt Lüneburg
Untere Wasserbehörde
Postfach 2540
21315 Lüneburg
Tel.: 04131/309 471
umwelt@stadt.lueneburg.de

Landkreis Nienburg/Weser
Untere Wasserbehörde
Kreishaus am Schloßplatz
31582 Nienburg
Tel.: 05021/967 873
wasser@kreis-ni.de

Landkreis Northeim
Untere Wasserbehörde
Postfach 1363
37143 Northeim
Tel.: 05551/708188
wasserwirtschaft@landkreis-northeim.de

Landkreis Oldenburg
Untere Wasserbehörde
Postfach 1464
27781 Wildeshausen
Tel.: 04431/850
landkreis.oldenburg@oldenburg-kreis.de

Stadt Oldenburg
Untere Wasserbehörde
Industriestraße 1
26121 Oldenburg
Tel.: 0441/235 2644
wasserbehoerde@stadt-oldenburg.de

Landkreis Osnabrück
Untere Wasserbehörde
Postfach 2509
49015 Osnabrück
Tel.: 0541/501 4217
geothermie@lkos.de

Stadt Osnabrück
Untere Wasserbehörde
Postfach 4460
49034 Osnabrück
Tel.: 0541/323 3173
umwelt@osnabrueck.de

Landkreis Osterholz
Untere Wasserbehörde
Postfach 1262
27702 Osterholz-Scharmbeck
Tel.: 04791/930 0
umweltamt@landkreis-osterholz.de

Landkreis Peine
Untere Wasserbehörde
Postfach 1360
31203 Peine
Tel.: 05171/401 8111
umwelt@landkreis-peine.de

Landkreis Rotenburg (Wümme)
Untere Wasserbehörde
Postfach 1440
27344 Rotenburg (Wümme)
Tel.: 04261/983 2751 (Altkreis Rotenburg)
Tel.: 04761/983 4754 (Altkreis Bremervörde)
wasserwirtschaft@lk-row.de

Stadt Salzgitter
Untere Wasserbehörde
Postfach 100680
38206 Salzgitter
Tel.: 05341/839 3222
umwelt@stadt.salzgitter.de

Landkreis Schaumburg
Untere Wasserbehörde
Jahnstraße 20
31655 Stadthagen
Tel.: 05721/703 414
uwb.66@landkreis-schaumburg.de

Landkreis Stade
Untere Wasserbehörde
Am Sande 2
21682 Stade
Tel.: 04141/12 660
umweltamt.wasserwirtschaft@landkreis-
stade.de

Landkreis Uelzen
Untere Wasserbehörde
Postfach 1761
29507 Uelzen
Tel.: 0581/82 403
info@landkreis-uelzen.de

Landkreis Vechta
Untere Wasserbehörde
Postfach 1353
49375 Vechta
Tel.: 04441/898 2519
wasserwirtschaft@landkreis-vechta.de

Landkreis Verden
Untere Wasserbehörde
Lindhoooper Strasse 67
27283 Verden (Aller)
Tel.: 04231/15 210
wasser@landkreis-verden.de

Landkreis Wesermarsch
Untere Wasserbehörde
Postfach 1352
26913 Brake
Tel.: 04401/927 311
UWB@lkbra.de

Stadt Wilhelmshaven
Untere Wasserbehörde
Freiligrathstraße 420 B
26386 Wilhelmshaven
Tel.: 04421/162564
wasserbehoerde@wilhelmshaven.de

Landkreis Wittmund
Untere Wasserbehörde
Postfach 1355
26400 Wittmund
Tel.: 04462/86 1290
bauamt@lk.wittmund.de

Landkreis Wolfenbüttel
Untere Wasserbehörde
Bahnhofstraße 11
38300 Wolfenbüttel
Tel.: 05331/84 0
umwelt@lk-wf.de

Stadt Wolfsburg
Untere Wasserbehörde
Postfach 100944
38409 Wolfsburg
Tel.: 05361/28 1234
wasserbehoerde@stadt.wolfsburg.de

Autorenschaft

- Holger Jensen
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 3.6 Energieressourcen, Geothermie,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Sandra Pester
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 3.6 Energieressourcen, Geothermie,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Dr. Robert Schöner
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.4 Geologische Grundlagen,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Carsten Dube
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz,
Referat 25 Rechtsangelegenheiten der Wasserwirtschaft und des Bodenschutzes,
Archivstr. 2,
30169 Hannover.
- Ulrike Lipkow
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz,
Referat 23 Grundwasser, Wasserversorgung, Bodenschutz,
Archivstr. 2,
30169 Hannover.
- Antje Hause
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat LID.4 Justizariat, Bergbauberechtigungen, Feldes- und Förderabgabe, Geschäftsstelle,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.
- Martin Duddek
Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr,
Stabsstelle Change,
Göttinger Chaussee 76A
30453 Hannover.
- Kerstin Fischer
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.4 Geologische Grundlagen,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

ISSN 1864 – 7529