

Band 3

Leitfaden oberflächennahe Geothermie im Land Bremen

B. Panteleit
S. Ortmann
S. Langer

Bremer geowissenschaftliche Berichte des GDfB

- Geologischer Dienst für Bremen -

Band 3

Titel:

Leitfaden oberflächennahe Geothermie im Land Bremen

Autoren:

B. Panteleit

S. Ortmann

S. Langer

Herausgeber:

Geologischer Dienst für Bremen (GDfB)
Bremen, im Oktober 2022

Die vorliegende Arbeit ist vom GDfB gemeinsam mit der oberen Wasserbehörde der Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau der Freien Hansestadt Bremen erstellt worden.

Für den GDfB:

Dr. Björn Panteleit
Leobener Straße 8
28359 Bremen
+49 (0)421-218-65911
info@gdfb.de • www.gdfb.de

Für die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
der Freien Hansestadt Bremen

Stefanie Langer
Silvia Ortmann
+49 (0)421-361-5485
An der Reeperbahn 2
28217 Bremen
wasserbehoerde@umwelt.bremen.de

Copyright Geologischer Dienst für Bremen 2022

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen
und der Übersetzung, vorbehalten.

Klimaneutral gedruckt in Deutschland.

Vorwort

Liebe Bremerinnen und Bremer,

eines der zentralen Ziele Bremens beim Klimaschutz ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung weiter zu erhöhen. Die Nutzung von Erdwärme stellt als Möglichkeit der dezentralen Wärmebereitstellung im Gebäudebereich dabei einen wichtigen Baustein dar, vor allem dort wo Fernwärme nicht verfügbar ist. Werden Wärmedämmung und Geothermie gekoppelt, lassen sich auch im Gebäudebestand deutliche CO₂-Einsparungen erzielen.

Wärmepumpen sind mittlerweile seit vielen Jahren erprobt und etabliert. In Kombination mit konstant verfügbarer Erdwärme kann die benötigte Heizenergie effizient zur Verfügung gestellt werden, dies sowohl zur Beheizung und Kühlung von Einfamilienhäusern als auch in Bürogebäuden. Gut geplante Anlagen stellen die benötigte Wärme bei minimalem Stromverbrauch bereit und arbeiten, mit Strom aus regenerativen Quellen, klimaneutral.



Mit der Erdwärmenutzung ist häufig ein Eingriff in das Grundwasser verbunden, da die Sonden meist etwa 100 m tief in den Untergrund reichen. Um diese wertvolle und für die Trinkwasserversorgung notwendige Ressource ausreichend zu schützen, sind bei der Umsetzung von Erdwärmeeinrichtungen vorsorgende Regelungen zu beachten.

Mit diesem Leitfaden erhalten Sie alle notwendigen Informationen zur Erdwärmenutzung im Land Bremen sowohl für kleinere Anlagen aber auch für Anlagen > 100 kW. Bei der Erarbeitung wurden die Erfahrungen der vergangenen Jahre, neue Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung sowie aktuelle Gesetzesänderungen berücksichtigt. Gleichzeitig enthält der Leitfaden die für Sie wichtigen Antworten rund um das Anzeige- und wasserrechtliche Erlaubnisverfahren. Der Leitfaden wird ergänzt durch ein unterstützendes Onlineangebot. Dieses umfasst ein geothermisches Informationssystem des Geologischen Dienstes für Bremen und ein Portal zur Erlaubnisbeantragung von geothermischen Anlagen und der Anzeige von Bohrvorhaben.

Vielen Dank für Ihren Beitrag zum Klimaschutz in Bremen und ich wünsche Ihnen viel Erfolg bei der Umsetzung Ihres Geothermie-Projekts!

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Schaefer'.

Dr. Maike Schaefer

Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
der Freien Hansestadt Bremen

Inhalt

1 Geothermie 3

1.1 Tiefe Geothermie 3

1.2 Oberflächennahe Geothermie 4

1.2.1 Erdwärmesonden 4

1.2.2 Kollektoren 5

1.2.3 Energiepfähle 5

1.2.4 Brunnen 6

2 Gesetzliche Grundlagen 7

2.1 Wasserrecht (WHG / BWG / WSG) 7

2.2 Berg- & Lagerstättenrecht (BbergG / LagerstG) 7

3 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen bei der Erschließung der oberflächennahen Geothermie 8

3.1 Geologie und Hydrogeologie 8

3.2 Kriterien der Beurteilung 9

3.2.1 Einzugsgebiete von Trinkwasserfassungen 9

3.2.2 Bereiche mit Grundwasserversalzungen 9

3.2.3 Gebiete mit hoch liegenden Salzstrukturen und Erdfallgefährdete Gebiete 10

3.2.4 Gebiete mit ausgeprägtem Grundwasserstockwerksbau 10

3.2.5 Artesik 10

3.2.6 Altlasten 10

4 Allg. Technische Anforderungen 11

4.1 Erdwärmesondenanlagen 11

4.1.1 Planung der Anlage 11

4.1.2 Bohrarbeiten 12

4.1.3 Sondeneinbau 13

4.1.4 Hinterfüllung des Ringraums 13

4.1.5 Betrieb der Anlage 14

4.1.6 Stilllegung der Anlage 14

4.2 Erdwärmekollektoranlagen 15

4.2.1 Planung und Herstellung des Kollektors 15

4.2.2 Betrieb der Anlage 15

4.2.3 Stilllegung der Anlage 15

5 FAQ 16

5.1 Wo bekomme ich weitere Informationen ? 16

5.2 Worauf ist wann zu achten ? 17

5.3 Welche Unterlagen werden benötigt 18

Anhang 1 Quellenverzeichnis 19

Anhang 2 Inhalt für Monitoringbericht 20

Anhang 3 Kontaktadressen 21

1 Geothermie

Mit dem Begriff Geothermie wird allgemein die unter der Erdoberfläche gespeicherte thermische Energie bezeichnet. Die geothermische Energie stammt dabei zum einen aus dem terrestrischen Wärmestrom und zum anderen aus der solaren Strahlung. Die Sonneneinstrahlung auf die Erdober-

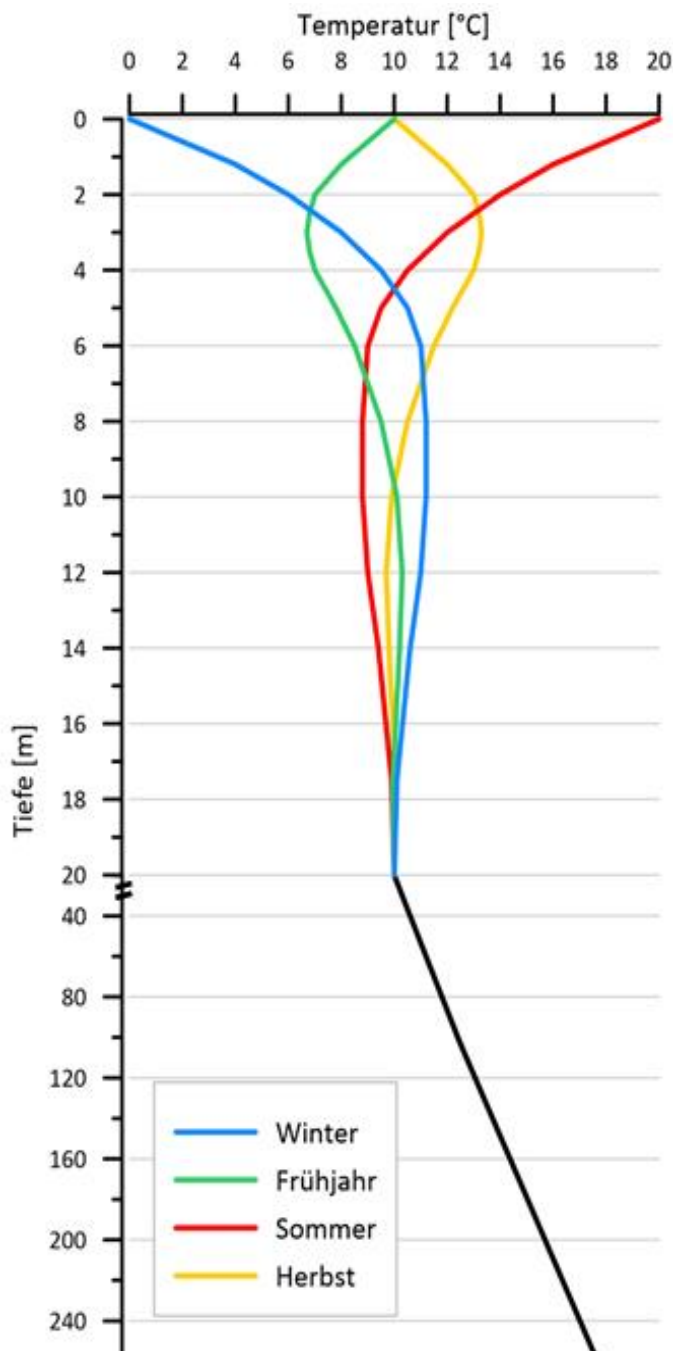


Abb. 1: Prinzipieller Verlauf der Gesteinstemperaturen in der Tiefe im Jahresgang. Grafik: Panteleit/GDFB

fläche erwärmt diese und die Atmosphäre. Mit dem versickernden Niederschlagswasser gelangt diese Energie in tiefere Erdschichten. Der terrestrische Wärmestrom gewinnt mit zunehmender Tiefe an Bedeutung. Dessen Energie stammt aus dem radioaktiven Zerfall von natürlichen langlebigen Isotopen und der bei der Erdentstehung frei gewordenen Energie.

Die Gesteinstemperatur ist daher in den ersten Metern noch Schwankungen unterworfen, da sich die Jahreszeiten mit zeitlichem Versatz und abnehmender Intensität, auch in den oberflächennahen Bereichen auswirken. Ab einer Tiefe, von 15-20 m nimmt die Temperatur unter natürlichen Bedingungen kontinuierlich zu. Auch die Temperaturzunahme über die Tiefe variiert je nach den lokalen Verhältnissen. Im Mittel beträgt dieser geothermische Gradient $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (Abbildung 1).

Die Nutzung der Geothermie (synonym = Erdwärme) wird in oberflächennahe und tiefe Geothermie unterteilt. Die Unterteilung erfolgt dabei nicht allein nach der Tiefe, so dass es zu fließenden Übergängen kommt.

1.1 Tiefe Geothermie

Die tiefe Geothermie umfasst Systeme, bei denen die geothermische Energie über Tiefbohrungen erschlossen wird und deren Energie direkt (d.h. ohne Niveauehebung z.B. über eine Wärmepumpe) genutzt werden kann. Aufgrund der aktuell gängigen Bohrtechnik spricht man aktuell unterhalb einer Tiefe von ca. 400 m von tiefer Geothermie. In der Regel werden tiefe geothermische Systeme mit Bohrungen von mehr als 1000 m erschlossen. Dabei werden meistens zwei Bohrungen abgeteuft. Durch eine Bohrung wird heißes Wasser aus der Tiefe gefördert und nach Energieentzug über eine zweite Bohrung wieder in den Untergrund eingebracht. Unterschieden wird hier zwischen hydrothermalen Systemen, bei denen im Untergrund vorhandenes Wasser genutzt wird und petrothermalen Systemen, bei denen die im Gestein gespeicherte Energie mit Hilfe von Übertage zugeführtem Wasser transportiert wird.

Tiefe geothermische Anlagen dienen vornehmlich der Gewinnung von warmem bis heißem Wasser, das zur Gebäudebeheizung auch über Fern- oder Nahwärmenetze bereitgestellt wird. Eine Verstromung der geothermischen Energie ist in Deutschland bislang von nachrangiger Bedeutung.

1.2 Oberflächennahe Geothermie

Geothermische Anlagen werden in Einfamilienhäusern wie in größeren Bürogebäuden zur Nutzung oberflächennaher Geothermie eingesetzt. Aufgrund des in der Regel geringen Temperaturniveaus in den oberflächennahen Systemen ist der Einsatz einer Wärmepumpe (Abbildung 2) zu Heizzwecken erforderlich. Die elektrisch betriebene Wärmepumpe nutzt einen sekundären Kreislauf, in dem der Wärmeträger mit Hilfe der geförderten Erdwärme verdampft wird. Über einen elektrisch betriebenen Verdichter wird die Vorlauftemperatur des Heizkreislaufs erreicht und in einem Wärmetauscher an den Kreislauf zur Wärmeverteilung im Gebäude übertragen. Die Vorlauftemperatur des Heizkreislaufes bestimmt daher direkt den Stromverbrauch und sollte somit möglichst gering sein. Die Jahresarbeitszahl gibt das über das Jahr gemittelte Verhältnis der genutzten Geothermie zur elektrischen Energie wieder, sie sollte zwischen 4 und 5 liegen, d.h. 75–80 % der Heizenergie stammen aus der Geothermie.

Abhängig von der Art der geothermischen Anlage lassen sich über die oberflächennahen Systeme jedoch auch Gebäudeklimatisierungen realisieren. Die so im Sommer eingelagerte Energie kann im Winter teilweise wiedergewonnen werden, so dass sich die Effektivität der Anlage steigert. Zur Gewinnung der oberflächennahen Energie gibt es verschiedene technische Möglichkeiten, die im Folgenden näher erläutert werden.

1.2.1 Erdwärmesonden

Der weit überwiegende Teil der geothermischen Anlagen in Bremen wird als Erdwärmesondenanlage gebaut. Erdwärmesonden sind geschlossene PE-Rohre, die als Wärmetauscher lotrecht über eine Bohrung in das Gestein eingebracht werden. Die Länge einer einzelnen Erdwärmesonde sollte mindestens 40 m betragen. Mehrere Sonden können über Verteiler kombiniert werden um größere Wärmetauscherlängen zu erzielen (Abbildung 3).

Die erforderliche Gesamtlänge der Erdwärmesonden zur Abdeckung des Energiebedarfs eines Gebäudes ist abhängig von der Höhe des Energiebedarfs, dem Platzangebot auf dem Grundstück, der Bauart der Sonde und dem geologischen Aufbau unter dem Grundstück. Zum Transport der Energie zirkuliert in den Sonden ein Wärmeträgermittel. Dieses nimmt in der Tiefe aufgrund des Temperaturunter-

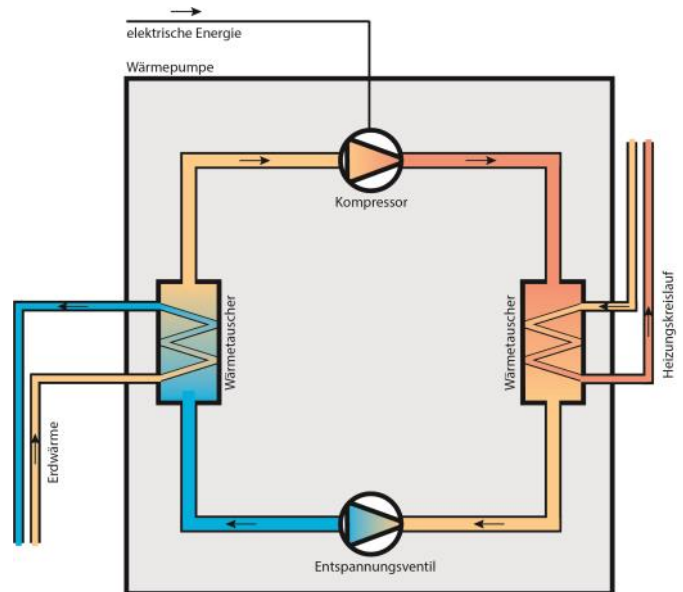


Abb. 2: Aussehen und Funktionsschema einer Wärmepumpe. Grafik/Foto: Panteleit/GDfB

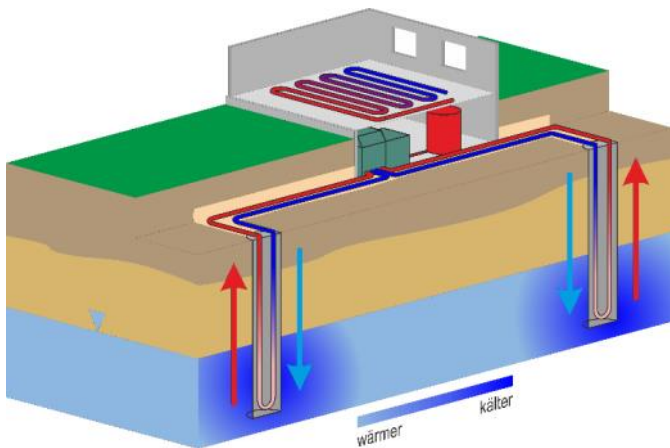


Abb. 3: Prinzipische Skizze einer Erdwärmesondenanlage für ein Einfamilienhaus. Grafik: Sass & Mielke, 2012 EA Geothermie

schieds Energie vom Gestein und Grundwasser auf (bzw. gibt Energie im Fall der Gebäudekühlung an das Gestein ab) und transportiert die Energie in die Wärmepumpe. Die aktuell gängigste Bauweise der Sonden sind (Doppel-)U-Sonden (paarweise gebündelte U-förmige Kunststoffschleifen). Eine weitere Bauform ist die Koaxialsonde.

Eine technische Variation sind Direktverdampfersonden. Diese bestehen aus einem Edelstahlrohr, in dem das Wärmeträgermittel einen Phasenübergang von flüssig zu gasförmig durchläuft (verdampft). Der Verdampfer des Wärmepumpenkreislaufs befindet sich direkt am Kopf der Sonde, in dem das Wärmeträgermittel wieder kondensiert und in die Sonde zurückfließt. Diese Anlagen sind besonders effektiv, da unter anderem keine zusätzliche Umwälzpumpe benötigt wird. Der Betrieb ist ohne wassergefährdende Mittel möglich (z.B. mit CO₂ oder Propan). Eine Gebäudekühlung ist mit Direktverdampfersonden jedoch nicht möglich.

1.2.2 Energiepfähle (geothermisch aktivierte Gründungspfähle)

Eine weitere Möglichkeit der Gewinnung von Erdwärme stellen Energiepfähle dar. Dabei werden die zur Statik des Gebäudes häufig erforderlichen Gründungspfähle mit Wärmetauschern belegt. Wie die Sondensysteme können auch diese Anlagen im Wechselbetrieb zur sommerlichen Klimatisierung des Gebäudes genutzt werden. Als alleinige Energiequelle reichen die zur Statik nötigen Pfähle allerdings häufig nicht aus und müssen zur Abdeckung von Leistungsspitzen durch zusätzliche Systeme ergänzt werden.

1.2.3 Kollektoren

Bei den Erdwärmekollektoren werden die Wärmetauscher im Gegensatz zu den Sondensystemen nicht vertikal über eine größere Länge, sondern kurz unter der Geländeoberfläche, in der Regel oberhalb des Grundwassers, vorwiegend horizontal eingebracht. Kollektoren dürfen nicht überbaut oder beschattet werden, da der Energieeintrag fast vollständig über die Sonne und den versickernden Niederschlag erfolgt. Ein Flächenkollektor sollte unterhalb der Frostgrenze in ca. 1 – 1,5 m Tiefe verlegt werden, sein Flächenbedarf ist relativ hoch (25 bis 50 m²/kW). Alternative Kollektorsysteme (Bauformen wie Grabenkollektoren, Erdwärmekörbe oder Spiralsonden) erschließen etwas größere Tiefen und verringern so den Flächenbedarf.

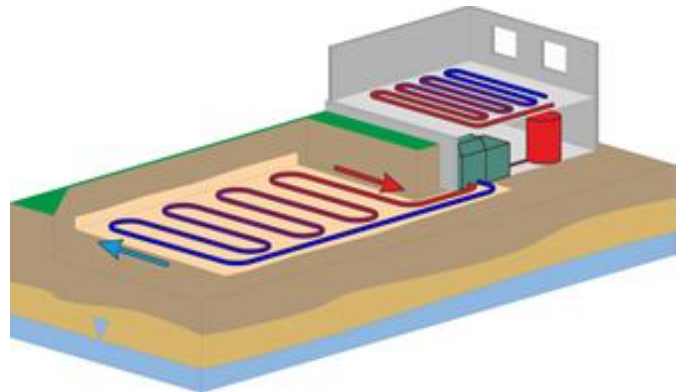


Abb. 4: Prinzipische Skizze einer Erdwärmekollektoranlage für ein Einfamilienhaus. Grafik: Sass & Mielke, 2012 EA Geothermie



Abb. 5: Für Kollektoren gibt es unterschiedliche Bauweisen, hier abgebildet ist ein Spiralkollektor. Foto: Panteleit/GDfB

1.2.4 Brunnen

Im Gegensatz zu den geschlossenen Systemen, bei denen dem Gestein die Energie durch Wärmetauscher entzogen wird, wird bei Brunnenanlagen das Grundwasser direkt genutzt (Abbildung 6). Über einen Förderbrunnen wird das Grundwasser gewonnen und in die Wärmepumpe gefördert. Dort erfolgt der Energieentzug und das abgekühlte Wasser wird über einen zweiten Brunnen wieder dem Grundwasserleiter zugeführt. Aufgrund der direkten Nutzung des Grundwassers können diese Systeme besonders effektiv betrieben werden. Sie stellen jedoch größere Anforderungen an den Standort, da das Grundwasser in ausreichender Ergiebigkeit und Qualität in nicht zu großer Tiefe verfügbar sein muss. In Bremen bereiten hier vor allem die natürlichen hohen Eisen- und Mangangehalte im Grundwasser Probleme. Die Höchstkonzentrationen für Wärmepumpen von 1 mg/l werden in Bremen fast landesweit überschritten (Abbildung 7). Genehmigungsrechtlich werden Erdwärmebrunnen wie Grundwasserentnahmen zu anderen Zwecken behandelt. Daher wird an dieser Stelle auf den entsprechenden Verfahrensablauf

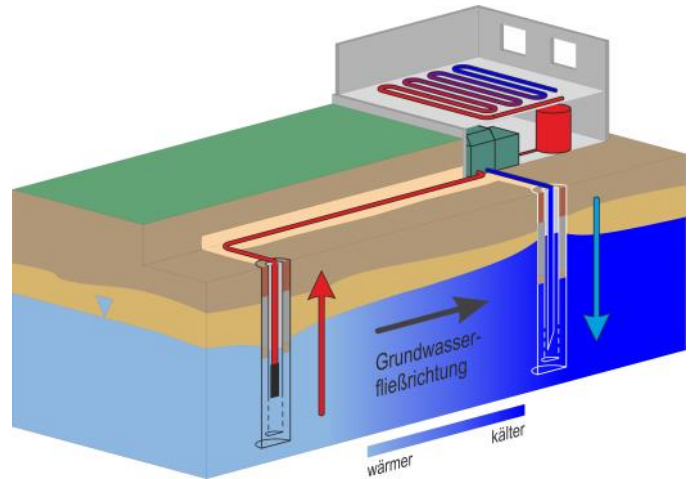


Abb. 6: Prinzipskizze einer Erdwärmebrunnenanlage für ein Einfamilienhaus. Grafik: Sass & Mielke, 2012 EA Geothermie

für Grundwasserentnahmen verwiesen und werden die Brunnenysteme im vorliegenden Leitfaden zur Nutzung oberflächennaher Geothermie in Bremen nicht weiter betrachtet.

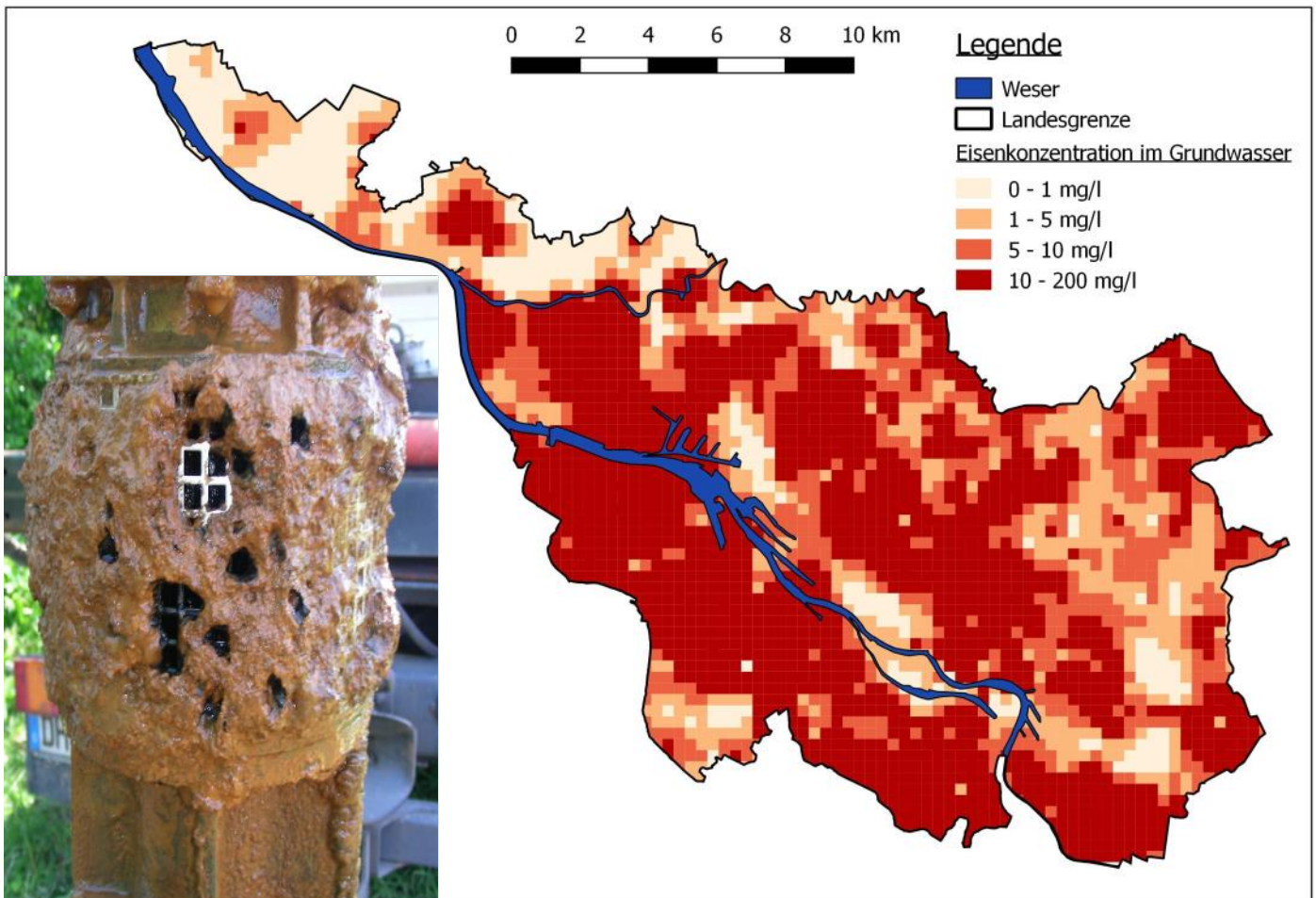


Abb. 7: Für offene Systeme sind die natürlichen Eisenkonzentrationen des Grundwassers in Bremen häufig über dem empfohlenen Grenzwert von 1 mg/l und führen zu Verockerungen von Brunnen und Pumpe (kl. Bild). Foto: Bartsch

2 Rechtliche Grundlagen

Der rechtliche Rahmen für die Herstellung und den Betrieb von oberflächennahen geothermischen Anlagen ist im Wesentlichen durch das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), ferner im Bremischen Wassergesetz (BremWG), in den Verordnungen über die Wasserschutzgebiete im Land Bremen (WSG-VO), im Bundesberggesetz (BBergG) sowie für gewerbliche Anlagen in der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) geregelt. Über das Geologiedatengesetz (GeolDG) werden Regelungen zur Bohranzeige, die Abgabe der Bohrbefunde und geophysikalischer Untersuchungen geregelt.

2.1 Wasserrecht

Bei der Herstellung der Erdwärmesonde kann schon durch den Bohrvorgang eine schädliche Veränderung des Grundwassers eintreten. Der Anlagenbetrieb kann sich ebenfalls z. B. durch Leckagen oder Temperaturveränderungen nachteilig auf die Grundwasserbeschaffenheit auswirken.

Das Grundwasser ist entsprechend den Vorgaben des WHG vor etwaigen Beeinflussungen seines natürlichen Zustandes zu schützen. Daher sind die Herstellung und der Betrieb von Erdwärmeanlagen bzw. Erdwärmesystemen gemäß § 49 Abs. 1 Satz 2 i. V. m. § 8 Abs. 1 und § 9 Abs. 2 Nr. 2 WHG erlaubnispflichtig.

Zum Schutz des Grundwassers kann die Wasserbehörde geeignete Auflagen formulieren, damit nachteilige Wirkungen für andere oder den Gewässerhaushalt vermieden werden.

Bei Anlagen auf wasserwirtschaftlich empfindlichen Grundstücken z. B. in Wasserschutzgebieten ist mit zusätzlichen Auflagen in Bezug auf den Gewässerschutz zu rechnen.

Für die Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis ist mindestens acht Wochen vor geplantem Bohrbeginn ein Antrag zu stellen. Hierzu ist die Norddeutsche Anzeige online, die zugleich als Antrag gilt, zeitgleich und zusätzlich mit den geforderten Unterlagen digital an die Wasserbehörde (wasserbehoerde@umwelt.bremen.de) zu übermitteln. Sollte die beantragte Anlage >30 kW sein, sind die gesamten Unterlagen zusätzlich 2-fach in der Papierfassung bei der Wasserbehörde einzureichen.



Abb. 8: In Wasserschutzgebieten sind bei der Planung Geothermischer Anlagen die jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnungen zu beachten. Foto: Panteleit/GDfB

2.2 Bergrecht

Gemäß § 3 Abs. 3 Nr. 2b BBergG gilt Erdwärme als „bergfreier Bodenschatz“. Demnach erstreckt sich das Eigentum an einem Grundstück nicht auf die Erdwärme, so dass es einer Erlaubnis oder Bewilligung nach § 7 BBergG bzw. § 8 BBergG für die Aufsuchung und Gewinnung von Erdwärme bedarf. Wird die Wärme nicht direkt, sondern mit Hilfe einer Wärmepumpe, genutzt, ist eine Bewilligung nach § 8 BBergG regelmäßig nicht erforderlich.

Bei Bohrungen von mehr als 100 m Teufe entscheidet das Bergamt gemäß § 127 Abs. 1 BBergG innerhalb von zwei Wochen nach Einreichung der Norddeutschen Bohranzeige online, ob ein Betriebsplan nach § 51 ff. BBergG erforderlich ist. Erfolgt keine Benachrichtigung seitens des Bergamts können die Bohrarbeiten nach Erhalt der wasserrechtlichen Erlaubnis ausgeführt werden.

Die Ergebnisse der Bohrungen und geophysikalischer Untersuchungen (z.B. Thermal Response Tests, TRT) sind dem Geologischen Dienst für Bremen (GDfB) unaufgefordert zur Verfügung zu stellen (§ 9 GeolDG).

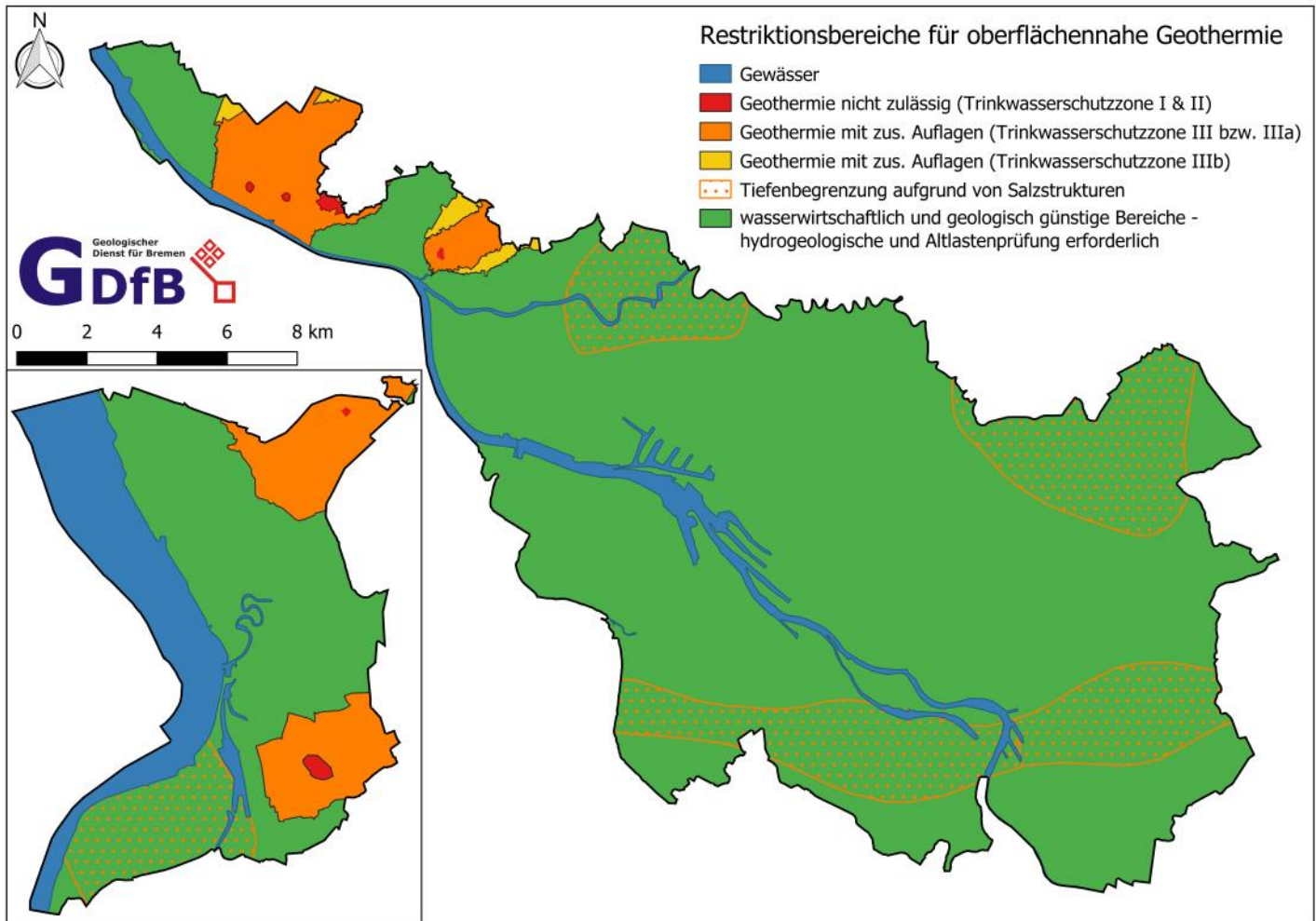


Abb. 9: Bereiche mit flächenhaften Restriktionen (Einzugsgebiete von Trinkwasserbrunnen, Salzstockhochlagen) im Land Bremen, die erhöhte Anforderungen an den Bau von Erdwärmeeinrichtungen stellen. Detaillierte Standortinformationen können über das Geothermische Informationssystem des Geologischen Dienstes für Bremen abgerufen werden (www.gdfb.de/Geothermie).

3 Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen bei der Erschließung der oberflächennahen Geothermie

3.1 Geologie und Hydrogeologie

Oberflächennahe Erdwärmeeinrichtungen erschließen im Land Bremen das oberste Grundwasserstockwerk, das durch eine Abfolge von glazialen Ablagerungen charakterisiert ist. Die Grundwasserleiter sind hier durch sandige Sedimente der Eiszeiten aufgebaut und nur lokal durch gering wasserleitende Tone und Geschiebelehme getrennt, die in Linsenstrukturen unterschiedlicher Größe auftreten.

In den Geestbereichen sind an der Oberfläche häufig gering wasserdurchlässige Geschiebelehme der Saale-Vereisung

anzutreffen, die das darunter anstehende Grundwasser vor Einträgen von der Oberfläche her schützen. Die folgenden Sande eignen sich daher auch besonders zur Gewinnung von Trinkwasser. In der Marsch sind diese Einheiten durch die früher sehr viel größere Weser ausgeräumt worden, die ihrerseits grobe und sehr gut durchlässige Wesersande hinterlassen hat.

Die tieferen eiszeitlichen Ablagerungen beginnen in der Marsch wie in der Geest mit den sogenannten Lauenburger Schichten, die in einigen Bereichen als dichter Ton ausgebildet sind, in anderen aber als feiner Sand auftreten und hier auch gute Wegsamkeiten für Wasser bilden. Die unterlagernden Sande der Elster-Vereisung sind bereichsweise wieder untergliedert durch Geschiebelehmlinsen. Sie bilden den letzten Grundwasserleiter des oberen Grundwasserstockwerks und sind durch mehrere 100 m mächtige feine

marine Ablagerungen aus dem Tertiär von den tieferen Grundwasserleitern getrennt. Die Basis des oberen Grundwasserstockwerks liegt zwischen ca. 50 m und in Schmelzwasserrinnen der eiszeitlichen Gletscher bis zu ca. 300 m unter NN.

Ältere geologische Einheiten haben in der Regel keinen Einfluss auf die oberflächennahe Geothermie in Bremen. Eine Ausnahme bilden hierbei jedoch Salzstrukturen, die bis zu 50 m unter die Oberfläche in Form von Salzstöcken aufgestiegen sind. Zum einen leitet das Salz aufgrund seiner hohen Temperaturleitfähigkeit Energie aus größeren Tiefen in den oberflächennahen Bereich und führt so zu höheren Temperaturen oberhalb der Salzstöcke. Zum anderen führt es wasserreaktive Sulfatgesteine mit sich. Anhydrit beginnt nach Kontakt mit Wasser zu quellen, Gips und auch das Steinsalz selbst werden durch Wasser gelöst. In der Regel ist auch das Grundwasser im Nahbereich der Salzstrukturen versalzt und kann bei Mobilisierung Süßwasservorkommen gefährden.

3.2 Kriterien der Beurteilung

Wird ein Antrag auf Erlaubnis für die Herstellung und den Betrieb einer oberflächennahen geothermischen Anlage gestellt, prüft die Wasserbehörde zusammen mit dem Geologischen Dienst für Bremen anhand der geologischen und hydrogeologischen Standortverhältnisse, welche Risiken bestehen, um eine mögliche Gefährdung des Grundwassers zu verhindern (Abbildung 9).

3.2.1 Einzugsgebiete von Trinkwasserfassungen

In festgesetzten Wasserschutzgebieten und Trinkwassergewinnungsgebieten besteht eine besondere Schutzbedürftigkeit des Grundwassers, die über den allgemeinen Grundwasserschutz hinausgeht. Daher ist die relative Lage eines Vorhabenstandorts zu Wassergewinnungsanlagen zu berücksichtigen. Auflagen können in den Verordnungen der jeweiligen Wasserschutzgebiete bereits festgelegt sein. Grundsätzlich gilt jedoch:

- Der Nahbereich der Wasserfassungen (Schutzzone I und II) ist vor jeglichen Verunreinigungen zu schützen (DVGW W101, DVGW 2006). Die Gewinnung von Erdwärme ist in diesen Gebieten daher verboten.
- In der Schutzzone IIIa bzw. III bzw. einem Radius von

2 km um die Trinkwasserfassung sind Anlagen mit wassergefährdenden Stoffen nur oberhalb des Grundwassers zulässig. Dies bedeutet in der Regel, dass Erdwärmesonden nur mit Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit betrieben werden dürfen, Kollektoren jedoch zulässig sind.

- Darüber hinaus sind die Bohr- und Errichtungsarbeiten der Anlage gutachterlich zu begleiten.
- In einzelnen Wasserschutzgebieten des Landes Bremen können darüber hinaus weitergehende Regelungen (z.B. hinsichtlich der Tiefenbegrenzung von Erdwärmesonden) bestehen.



Abb. 10: Das Ruschdahlmoor in Bremen-Nord hat sich in einem Erdfall über dem Salzstock Lesum gebildet.

Foto: Blankenburg/GDfB

3.2.2 Bereiche mit Grundwasserversalzung

Ein erhöhter Mineralgehalt des Grundwassers tritt im Nahbereich der Weser oder im Zusammenhang mit oberflächennahen Salzstrukturen auf. Er kann zu Einschränkungen für die Erdwärmenutzung führen, da ein hoher Mineralgehalt die Funktionsfähigkeit der Ringraumverfüllung beeinträchtigen kann. Zum Schutz von nutzbaren Grundwasserressourcen kann es daher zu Bohrtiefenbeschränkungen kommen um die Verbindung von versalztem und nicht versalztem Grundwasser zu verhindern. Ebenfalls sind die zu verwendenden Baustoffe (Bohrspülung, Hinterfüllbaustoffe) entsprechend der Grundwasserbeschaffenheit auszuwählen.

3.2.3 Gebiete mit hoch liegenden Salzstrukturen und erdfallgefährdete Gebiete

Im Bereich von hoch liegenden Salzstrukturen können diese ebenso wie überlagernde Sulfate oder Carbonate (Hutgesteine) durch Grundwasser gelöst werden. Es könnte zu kleinräumigen Hohlräumen und Entstehung von Auflockerungszonen kommen. Um keine neuen Wegsamkeiten für Lösungs- oder auch Quellungsprozesse zu generieren, sollten diese Bereiche nicht erbohrt werden.

- Beim Auffinden solcher Bereiche ist die Bohrung unverzüglich, auch bei nicht erreichter Bohrtiefe, abubrechen.
- Spülungszusätze und Hinterfüllbaustoffe müssen eine erhöhte Resistenz gegen Salzwasser aufweisen.

Darüber hinaus ist an besonders sensiblen Standorten dem möglichen Verlust von Baustoffen in Hohlräume durch

- Vorhalten eines Packers während des Bohrvorganges zur Abdichtung eines angebohrten Hohlraumes
- und Vorhalten von ausreichendem Verrohrungsmaterial vorzubeugen.

3.2.4 Gebiete mit ausgeprägtem Grundwasserstockwerksbau

Bindige Deckschichten schützen das Grundwasser vor Verunreinigungen von der Oberfläche. Auch in tieferen Bereichen können durch gering durchlässige Schichten zwei Grundwasserleiter voneinander getrennt sein, die unterschiedliche hydraulische Druckhöhen und chemische Beschaffenheit aufweisen. Werden diese Trennschichten durchteuft, kann eine unzureichende Abdichtung des Bohrlochs zur Vermischung und Kontamination der Grundwässer führen. Insbesondere in Bereichen mit natürlicher Grundwasserversalzung in tieferen Bereichen ist die Funktion von Trennschichten unbedingt zu erhalten. Mögliche Auflagen zu diesem Zweck können

- eine Bohrtiefenbeschränkung oberhalb der Trennschicht und / oder
- die Verwendung von Wasser als Wärmeträgermittel in den Sonden, um Schädigungen durch häufige Frost / Tau Wechsel zu vermeiden,

sein.

3.2.5 Stockwerksübergreifendes und artesisch gespanntes Grundwasser

Ein Sonderfall des hydrogeologischen Stockwerksbaus sind artesische Bereiche, bei denen die hydraulische Druckhöhe des Grundwassers oberhalb des Geländes liegt. Diese können in Bremen in den Niederungen auftreten. Dort dichten Auenlehme das Grundwasser zur Geländeoberfläche hin ab. Nach Durchteufen der dichtenden Deckschicht tritt das Grundwasser aus dem Bohrloch unter Druck aus. Der unkontrollierte Austritt von Grundwasser kann zum Grundbruch in der Bohrung oder deren Umfeld führen. Dem ist entgegenzuwirken durch

- das Setzen eines temporären Standrohres bis auf die Sohle des artesischen Grundwasserleiters,
- Beschwerung von Spülung und Hinterfüllmaterial
- und angepasstes Hinterfüllmaterial zur Verkürzung der Abbindezeit.

Bei unvorhergesehenem Austritt von Grundwasser ist die zuständige Wasserbehörde umgehend zu informieren.

3.2.6 Altlasten und Kampfmittel

Die Herstellung von Erdwärmesonden in Altlastenverdachtsflächen oder Altablagerungen sollten nur im Ausnahmefall erfolgen. Eine Verlagerung von Kontaminationen durch Herstellung und Betrieb der Anlage ist unbedingt zu vermeiden.

- Beim unvorhergesehenen Antreffen von Kontaminationen ist die Bohrung zunächst einzustellen und die zuständige Bodenschutzbehörde zu informieren.
- Bei der Herstellung der Anlage gefördert kontaminiertes Grundwasser oder Bohrgut sind abfallrechtlich sachgerecht zu entsorgen.
- Für das Grundstück kann darüber hinaus Kampfmittelverdacht bestehen. Die Kampfmittelfreiheit ist zu erfragen beim
Kampfmittelräumdienst Bremen (KMRD)
Polizei Bremen
FD26 Kampfmittelräumdienst
Niedersachsendamm 78—80
D-28201 Bremen
Tel.: 0421-362-12237

4 Allg. technische Anforderungen

Neben den besonderen Anforderungen in hydrogeologisch ungünstigen Gebieten (Abschnitt 3) sind allgemeine technische Anforderungen für eine sichere Herstellung und nachhaltigen Betrieb von Erdwärmesondenanlagen zu beachten, sie gehören zum Stand der Technik und sind u.a. in der VDI-Richtlinie 4640 festgehalten.

Grundsätzlich gilt, dass die maßgebenden Normen und Richtlinien (DIN-Normen, VDI-Richtlinien und DVGW-Regelwerke, s. Anhang 1) zu beachten sind. Die Anschlussarbeiten der Erdwärmetauscher mit dem Heizsystem müssen von einem fachkundigen, eingetragenen Handwerksbetrieb ausgeführt werden.

Weitere allgemeine technische Anforderungen werden im Folgenden getrennt für Sonden- und Kollektoranlagen aufgeführt.

4.1 Erdwärmesondenanlagen

4.1.1 Planung der Anlage

Erdwärmesonden können sowohl zur Beheizung als auch zur Kühlung von Gebäuden genutzt werden. Die Dimensionierung erfolgt auf Basis der Wärmeleitfähigkeit. Sofern keine weitergehenden Erkenntnisse vorliegen können Wärmeleitfähigkeiten aus dem GdFB Kartendienst entnommen werden oder eine Standortinformation beim GdFB angefordert werden. Die Dimensionierung ist bei der Beantragung nachvollziehbar zu dokumentieren.

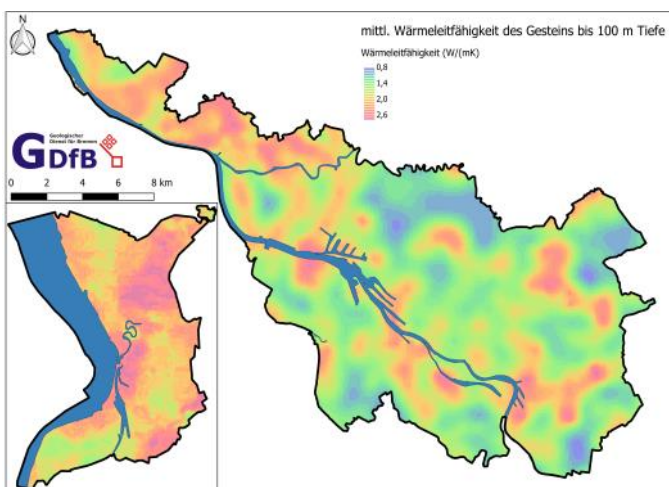


Abb. 11: Die Wärmeleitfähigkeiten als Basisgröße für die Dimensionierung variiert in Bremen. Detaillierte Standortinformationen unter www.gdfb.de/Geothermie.

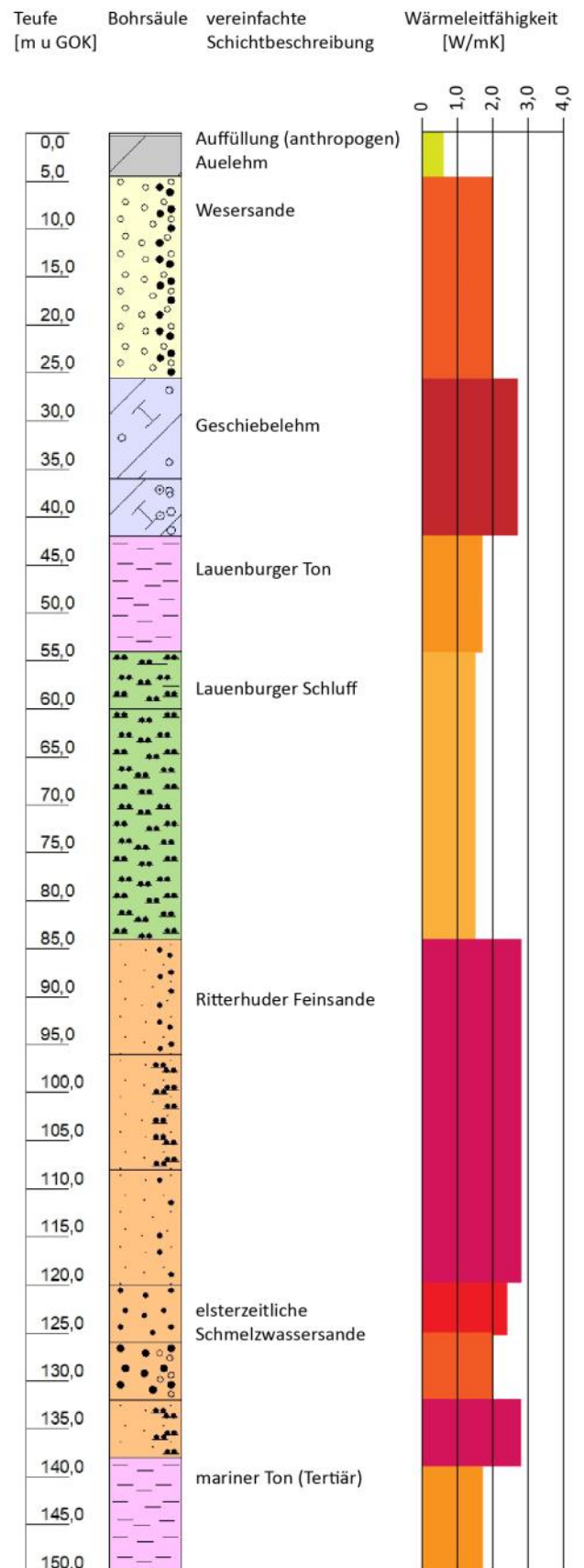


Abb. 12: Bohrsäule einer Erdwärmesondenbohrung und interpretierte Wärmeleitfähigkeiten der geol. Einheiten



Abb. 13: Bohrarbeiten zur Errichtung einer Erdwärmesonde vor einem Altbremer Haus. Foto: von Gleich

Weiterhin sind folgende Aspekte zu beachten:

- Erdwärmesonden sind in einem Abstand von 5 m zur Grundstücksgrenze und 0,5 m zu öffentlichen Straßenflächen zu errichten. Bei Anlagen mit einer Sondenlänge bis 100 m beträgt der Mindestabstand zur Grundstücksgrenze 3 m. Im Einzelfall können diese Abstände bei beengten Grundstücksverhältnissen unterschritten werden. Voraussetzung hierfür ist, dass über eine Vermessung nachgewiesen wird, dass die Bohrung bis zu ihrer Endtiefe die Grundstücksgrenze nicht überschreitet und die Anlage auch für den späteren Betrieb von konkurrierenden Anlagen auf den Nachbargrundstücken ausreichend dimensioniert ist. Alternativ kann das Einverständnis des Nachbarn für einen grenznahen Anlagenbau eingeholt werden.
- Die Temperatur am Ausgang der Wärmepumpe darf den Minimalwert von -3 °C nicht unterschreiten und den Höchstwert von 28 °C nicht überschreiten.
- Der Abstand zweier Sonden sollte mindestens 6 m betra-

gen. Kann dieser Abstand nicht eingehalten werden, ist eine analytische Berechnung der Sondenlänge mit Hilfe einer geeigneten Auslegesoftware erforderlich.

4.1.2 Bohrarbeiten

Die Erdwärmesonden stellen den wesentlichen Teil einer jeden Geothermieanlage dar. Zugleich ist die fachgerechte Ausführung der Bohr-, Einbau- und Hinterfüllarbeiten ebenso entscheidend für den Schutz des Grundwassers wie auch für einen langfristigen Betrieb der Anlage. Die folgenden Punkte sind hierbei von besonderer Bedeutung:

- Vor Baubeginn ist die Lage der im Bereich der Bohrung liegenden unterirdischen Leitungen (Elektrizitäts-, Gas-, Wasser-, Entwässerungs-, Fernheizungs-, Fernmeldeanlagen) bei den zuständigen Stellen festzustellen. Leitungsanfragen und die Anforderung von Prüfungen und Stellungnahmen zu der Maßnahme sind an sämtliche Leitungs- und Versorgungsträger direkt zu richten und abzustimmen.
- Sofern Bäume oder Gehölz von der Maßnahme betroffen sind, ist ggf. ein entsprechender Antrag bei der Naturschutzbehörde zu stellen.
- Vor jeder Bohrung ist sicher zu stellen, dass am Bohrpunkt Kampfmittelfreiheit gegeben ist.
- Nur zertifizierte Bohrunternehmen mit dem entsprechenden Fachpersonal, welche über das Zertifikat nach DVGW Arbeitsblatt W 120-2 verfügen, dürfen die notwendigen Arbeiten durchführen.
- Mindestens drei Tage vor Bohrbeginn sind Wasserbehörde (ews@umwelt.bremen.de) und der Geologische Dienst (info@gdfb.de) per Mail zu informieren.
- Die erteilte wasserrechtliche Erlaubnis für die Erdwärmanlage ist am Bohrplatz mitzuführen.
- Die Arbeitsblätter DVGW W 115 und W 116 sind bei den Bohrarbeiten zu beachten.
- Während der Bohrung ist eine Probe des Bohrgutes mindestens alle 3 m zu nehmen und dem Geologischen Dienst zur Verfügung zu stellen.
- Drei Monate nach durchgeführter Bohrung ist die Bohrdokumentation der Wasserbehörde sowie dem Geologischen Dienst für Bremen digital zu übermitteln.
- Jegliche nachteilige Veränderung von Grund- oder Oberflächengewässern im Rahmen der Bohrarbeiten, insbesondere beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, ist auszuschließen. Unfälle sind der Wasserbehörde un-

verzüglich anzuzeigen und Sofortmaßnahmen zur Schadensminimierung in Eigenverantwortung zu ergreifen.

- Die Hinterfüllung des Ringraums muss vollständig sein. Hierzu ist der Bohrdurchmesser so zu wählen, dass dieser mindestens eine Ummantelung des Sondenbündels mit 30 mm Hinterfüllbaustoff erlaubt.
- Ein geschlossener Bohrspülungskreislauf ist sicherzustellen, die Bohrspülung darf keine Zusätze enthalten, die chemische oder mikrobiologische Veränderungen im Untergrund bewirken.
- Bei Spülungsverlusten von mehr als 1 l/s sind die Arbeiten einzustellen und die Wasserbehörde zu informieren. Es sind sofort geeignete Maßnahmen zu ergreifen, die das Eindringen größerer Mengen von Bohrspülung verhindern.
- Bei notwendigen Abweichungen vom Bohrprogramm oder Störungen des Arbeitsablaufs ist die Wasserbehörde unverzüglich zu verständigen.
- Bei Misserfolg einer Bohrung ist das Bohrloch umgehend bis zur Geländeoberkante dauerhaft wasserdicht zu verfüllen. Der Rückbau und die Schichtenabfolge sind zu dokumentieren und als Nachweis der Wasserbehörde innerhalb von 2 Wochen nach dem Abbruch der Baumaßnahmen vorzulegen.

4.1.3 Sondenmaterial und -einbau

- Die Sonden müssen aus einem PE-Material der Güte PE-RC oder PE-X bestehen.
- Der Sondenfuß und seine Anschlüsse an die einteiligen Sondenrohre sind werkseitig herzustellen. Die ordnungsgemäße Ausführung ist durch ein entsprechendes Herstellerzertifikat mit der abschließenden Baudokumentation nachzuweisen.
- Die Sonde ist gleichzeitig mit dem Verfüllrohr bzw. dem Verpressschlauch mit geeigneten Einrichtungen einzubauen. Sofern das Verfüllrohr nicht zur Zentrierung dient ist eine Zentrierhilfe zu verwenden.
- Die Sonde ist hängend von einer gebremsten Haspel in das Bohrloch abzulassen (Abbildung 14).
- Sofern die Dichtigkeit einzelner Sonden überprüft werden soll, ist dies unmittelbar nach Einbau und vor der Hinterfüllung des Ringraums durchzuführen. Der maximal zulässige innere Überdruck darf dabei nicht überschritten werden.



Abb. 14: Einbau einer Erdwärmesonde, hängend von der Haspel. Foto: Panteleit/GDfB

4.1.4 Hinterfüllung des Ringraums

- Nach Einbringen der Sonde ist der gesamte Bohrlochringraum vollständig von der Sohle aus nach oben mit einem für Geothermie empfohlenen Material zu hinterfüllen. Die Durchlässigkeit des eingebauten Materials sollte kleiner als die des umgebenden Gesteins sein, so dass schützende oder trennende Schichten in ihrer Funktion wieder hergestellt werden.



Abb. 15: Vollständig hinterfüllte Doppel-U-Erdwärmesonde. Foto: Panteleit/GDfB

- Die Hinterfüllung hat unmittelbar im Anschluss an den Einbau der Sonde zu erfolgen.
- Vor Beginn der Hinterfüllung und am Überlauf ist eine Dichte und Viskositätsbestimmung der Suspension durchzuführen und zu dokumentieren. Die Werte müssen den Herstellerangaben entsprechen und eine Dichte aufweisen, die mindestens $0,3 \text{ kg/dm}^3$ über der Spüldichte liegt.
- Die Dichte der aus dem Bohrloch austretenden Suspension ist durch Messungen zu kontrollieren. Der Hinterfüllvorgang ist solange fortzuführen, bis die Dichte der austretenden Suspension jener der eingefüllten Suspension entspricht.
- Die Menge und Dichte des hinterfüllten Materials ist in regelmäßigen Abständen zu überprüfen, mit dem Ringraumvolumen abzugleichen und zu dokumentieren.
- Übersteigt der Bedarf an Hinterfüllmaterial signifikant das Ringraumvolumen, sind geeignete Maßnahmen einzuleiten um den Materialverlust zu begrenzen. Die Wasserbehörde ist zu informieren und eine mit allen Beteiligten abgestimmte weitere Vorgehensweise festzulegen.

4.1.5 Betrieb der Anlage

- Die Dichtheit der Gesamtanlage ist an einer Schnittstelle im Gebäude zu überprüfen und zu dokumentieren.
- Die Anlage darf als Wärmeträgermittel ausschließlich nicht wassergefährdende Stoffe oder wässrige Lösungen der Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1) enthalten. Eine Liste der zulässigen Produkte ist den „LAWA Empfehlungen für Erdwärmesonden“ (s. 6.2) zu entnehmen.
- Der Wärmeträgerkreislauf in der Anlage ist durch eine selbsttätige Überwachungs- und Sicherheitseinrichtung (Druckwächter nach EG-Konformitätserklärung nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG oder 2014/68/EG) auszustatten. Im Falle einer Leckage des Wärmeträgerkreislaufs muss sich die Umwälzpumpe sofort automatisch abschalten sowie ein optischer und akustischer Alarm ausgelöst werden.
- Verteilerbalken und -schächte sind zugänglich und kontrollfähig zu gestalten. Schadensfälle sind der Wasserbehörde unverzüglich zu melden.
- Um den frostfreien Betrieb der Anlage zu gewährleisten, ist ein Frostwächter (Temperaturwächter) zu installieren, der die Anlage ab einer Temperatur im Solerücklauf von -3 °C abschaltet.
- Die Inbetriebnahme der Anlage darf frühestens 28 Tage nach Hinterfüllung der Sonden erfolgen.
- Vor Inbetriebnahme ist die Anlage durch einen anerkannten Sachverständigen im Sinne des § 52 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) überprüfen zu lassen.
- Nutzungsänderungen, wie z.B. die ergänzende Nutzung zu Kühlzwecken, bedürfen eines neuen Antrages an die Wasserbehörde.
- Ein Eigentümerwechsel der Erdwärmeanlage ist innerhalb von sechs Wochen nach Übergang der Wasserbehörde schriftlich anzuzeigen (§ 100 BremWG). Alle Rechte und Pflichten gehen auf den neuen Eigentümer über.

4.1.6 Stilllegung der Anlage

- Wird der unterirdische Teil der Anlage vorübergehend oder dauerhaft nicht mehr genutzt, muss das Wärmeträgermittel gegen Wasser ausgetauscht und fachgerecht entsorgt werden.
- Die dauerhafte Stilllegung der Anlage ist der Wasserbehörde anzuzeigen, die weitere Auflagen zum Rückbau erlassen kann.

4.2 Erdwärmekollektoranlagen

4.2.1 Planung und Herstellung

- Kollektoren sind in einem Abstand zur Grundstücksgrenze von mindestens 1 m zu errichten. Mit schriftlichem Einverständnis der Nachbarn oder zu öffentlichen Straßenflächen kann dieser Abstand unterschritten werden.
- Befindet sich der Kollektor weniger als 1 m oberhalb der Grundwasseroberfläche, darf die Anlage als Wärmeträgermittel ausschließlich nicht wassergefährdende Stoffe oder wässrige Lösungen der Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1) enthalten. Eine Liste der zulässigen Produkte ist den „LAWA Empfehlungen für Erdwärmesonden“ (s. 6.2) zu entnehmen.
- Verteilerschächte sind flüssigkeitsdicht und die Leitungen ansteigend zum Haus hin zu verlegen.
- Die Einbautiefe des Kollektors sollte mindestens 1,2 m betragen.
- Kollektoren sind in einem Sandbett zu verlegen. Bauschutt, scharfe Steine, Kies und Schotter sind zu entfernen. Der Kollektor ist mit einem Warnband, das 30 cm oberhalb des Kollektors verlegt wird, vor Beschädigungen bei späteren Arbeiten zu sichern.
- Sämtliche Materialien sollen ungiftig und korrosions sicher und für den geplanten Temperaturbereich geeignet sein.
- Rohre müssen vom Hersteller für die Verwendung als Erdwärmekollektor vorgesehen und SKZ-güteüberwacht in PE-100-RC-Qualität sein.
- Druckprüfungen mit dem 1,5-fachen des Betriebsdruckes sind
 1. nach Verlegen des Kollektors und vor der Bedeckung mit Bodenmaterial und
 2. vor Inbetriebnahme der Gesamtanlage durchzuführen und zu dokumentieren.
- Die Kollektorkreisläufe sollten einzeln absperrbar sein.
- Nach Fertigstellung der Anlage sind für die Dokumentation ein Lageplan und Fotos des fertiggestellten Kollektorenfeldes sowie das Protokoll der Druckprüfung bei der Wasserbehörde einzureichen.

4.2.2 Betrieb der Anlage

- Die Dichtheit der Gesamtanlage ist an einer Schnittstelle im Gebäude zu überprüfen und zu dokumentieren.
- Der erdseitige Wärmeträgerkreislauf ist durch eine selbsttätige Überwachungs- und Sicherheitseinrichtung (Druckwächter nach EG-Konformitätserklärung nach Druckgeräterichtlinie 97/23/EG oder 2014/68/EG) auszustatten. Im Falle einer Leckage des Wärmeträgerkreislaufs muss sich die Umwälzpumpe sofort automatisch abschalten sowie ein optischer und akustischer Alarm ausgelöst werden.
- Verteilerbalken und -schächte sind zugänglich und kontrollfähig zu gestalten. Bei Schadensfällen ist die Wasserbehörde umgehend zu unterrichten.
- Die Anlage ist vor der Inbetriebnahme durch einen anerkannten Sachverständigen im Sinne des § 52 Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) überprüfen zu lassen.
- Nutzungsänderungen (z.B. Erhöhung der Heizleistung, ergänzende Nutzung zu Kühlzwecken) sind der Wasserbehörde im Vorfeld anzuzeigen.
- Bei Eigentümerwechsel gehen alle Rechte und Pflichten auf den neuen Eigentümer über. Der Eigentümerwechsel ist der Wasserbehörde anzuzeigen.

4.2.3 Stilllegung der Anlage

- Wird der unterirdische Teil der Anlage vorübergehend oder dauerhaft nicht mehr genutzt, muss das Wärmeträgermittel gegen Wasser ausgetauscht und fachgerecht entsorgt werden.
- Die dauerhafte Stilllegung der Anlage ist der Wasserbehörde anzuzeigen, die weitere Auflagen zum Rückbau erlassen kann.

5 FAQ

5.1 Wo bekomme ich weitere Informationen?

Frage	Informationen zu bekommen bei	Worauf ist zu achten?
Wo erhalte ich eine Erstberatung?	Zu den Untergrundverhältnissen beim Geologischen Dienst für Bremen: info@gdfb.de Beim Wärmepumpenfachbetrieb, Bohrunternehmen, bei einer Energieberatung und ggf. bei der Handwerkskammer	Eine gründliche Vorbereitung und Beratung durch Fachleute ist unerlässlich
Ist mein Grundstück grundsätzlich geeignet (Abstandsregelungen, Platzbedarf für Bohrerät etc.)?	Wasserbehörde Bohrunternehmen	Bohrfirmen nach deren Anforderungen fragen Abstandsregelungen zu den Nachbargrundstücken prüfen
Wer baut mir eine Erdwärmesonde ein?	Bohrunternehmen	Zertifizierung nach W120-2 erforderlich
Wie groß ist die erforderliche Heizleistung? Wieviele Sonden benötige ich?	Beratung durch den Heizungs- und Wärmepumpenfachbetrieb	Gute Planung ist wichtig, damit die Anlage effizient läuft
Ist ein Thermal Response Test auch erlaubnispflichtig?	Wasserbehörde	Ja, hierzu einen Antrag auf Erteilung einer Erlaubnis stellen
Was ist bei der Gebäudekühlung zu beachten?	Geologischer Dienst für Bremen Wasserbehörde	Temperaturmonitoring auch bei kleinen Anlagen
Befindet sich mein Grundstück in einem Wasserschutzgebiet?	Wasserbehörde https://www.bauumwelt.bremen.de : Wasserschutzgebiete	Wenn ja: Verbot der Erdwärmennutzung in Zone I und II, in Zone III zusätzliche Auflagen hinsichtlich Bohrung und Betrieb der Anlage beachten
Wie lange dauert es bis die Erlaubnis erteilt wird?	Wasserbehörde	etwa 8 Wochen nach vollständigem Antragseingang
Kostet die Erlaubnis Gebühren?	Wasserbehörde	Ja, je nach Heizleistung ab 320 €

5.2 Worauf ist wann zu achten?

Wann ist was zu tun ?	Was ist zu tun / Worauf ist zu achten?	Wo steht näheres dazu
Mindestens 8 Wochen vor geplantem Beginn der Bauarbeiten	Wasserrechtlichen Antrag stellen (Wasserbehörde)	Norddeutsche Bohranzeige online www.gdfb.de
3 Tage vor Beginn der Bohr-/ Erdarbeiten	Beginnanzeige absenden an ews@umwelt.bremen.de info@gdfb.de	Wasserrechtliche Erlaubnis Leitfaden Kapitel 4.1.2
Während der Bohrarbeiten	Entnahme von Gesteinsproben alle 3,0 m, diese an den GDfB übergeben	Wasserrechtliche Erlaubnis Leitfaden Kapitel 4.1.2
Beim Einbau der Erdwärmesonde	Vollständige Hinterfüllung muss gewährleistet sein, Druckprüfung	VDI 4640 - 2 Leitfaden Kapitel 4.1.3
Nach Abschluss der Erd-/Bohrarbeiten	Einsendung der Dokumentation innerhalb von drei Monaten an ews@umwelt.bremen.de info@gdfb.de	Wasserrechtliche Erlaubnis
Vor der Inbetriebnahme der Anlage	Sachverständigenprüfung gemäß § 52 AwSV durchführen lassen	Wasserrechtliche Erlaubnis Leitfaden Kapitel 4.1.5
Wiederkehrend alle 5 Jahre nach Inbetriebnahme	ab > 30 kW und in Einzelfällen eine erneute Sachverständigenprüfung	Wasserrechtliche Erlaubnis Leitfaden Kapitel 4.1.5

5.3 Welche Unterlagen werden benötigt?

Anlagen < 30 kW	Anlagen > 30 kW	Anlagen > 100 kW
<p><u>Dokumentation der Auslegung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> nach VDI 4640 -2 (Ab 8 kW Auslegung mit analytischer Software empfohlen) 	<ul style="list-style-type: none"> Auslegung mit analytischer Software Durchführung eines Thermal-Response Test TRT wird empfohlen; TRT ist erlaubnispflichtig und muss beantragt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Auslegung mit numerischer Modellierung Durchführung eines Thermal-Response-Tests ist erforderlich Planung von Temperaturmessstellen für ein ausgeprägtes dauerhaftes Temperaturmonitoring
<p><u>Erforderliche Antragsunterlagen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Norddeutsche Bohranzeige online Lageplan mit Eintragung der Bohrpunkte und Bemaßung der Abstände Zertifizierung Bohrunternehmen nach W 120-2 Beurteilung der hydrogeologischen Situation (Standortauskunft vom Geologischen Dienst) 	<ul style="list-style-type: none"> Siehe Anlagen < 30 kW Berechnung der Anlagenauslegung Ggf. Auswertung Thermal Response Test 	<ul style="list-style-type: none"> Siehe Anlagen < 30 kW Modelbericht zur numerischen Auslegung Auswertung Thermal Response Test Vorschlag für Standort der Temperaturmessstellen
<p><u>Inhalt Bohrdokumentation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtenverzeichnisse mit Grundwasserstand Bildaufnahmen der Erdarbeiten, Hinterfüllarbeiten und Einbauarbeiten Lageplan mit tatsächlichen Bohrpunkten 	<ul style="list-style-type: none"> Siehe Anlagen < 30 kW 	<ul style="list-style-type: none"> Siehe Anlagen < 30 kW Beschreibung und Bilddokumentation der Monitoringeinrichtungen (Geräte und Messstellen)
<p><u>Überwachung der Anlage</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Inbetriebnahmeprüfung der Anlage durch Sachverständigen Bei Gebäudekühlung Temperaturmonitoring mit jährlicher Datenerhebung und Einsatz eines Temperaturwächters 	<ul style="list-style-type: none"> Siehe Anlage < 30 kW Alle 5 Jahre erneute Prüfung durch Sachverständigen Temperaturmonitoring mit jährlicher Datenerhebung und Übermittlung eines Kurzberichtes an die Wasserbehörde, Einsatz eines Temperaturwächters 	<ul style="list-style-type: none"> Siehe Anlage > 30 kW Jährliches, ausgeprägtes Temperaturmonitoring mit gutachterlichen Bericht

ANHANG

A1 Quellenverzeichnis

A1.1 Gesetze, Verordnungen

BBergG: Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist. <<http://www.gesetze-im-internet.de/bbergg/BBergG.pdf>>

BremWG: Bremisches Wassergesetz (BremWG) vom 12. April 2011 (Brem.GBl. 2011, S. 262), zuletzt geändert durch Artikel 6 Nummer 5 des Gesetzes vom 24. November 2020 (Brem.GBl. S. 1486, 1581). <https://www.transparenz.bremen.de/vorschrift_detail/bremen2014_tp.c.160048.de>

GeolDG: 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) vom 19. Juni 2020. <<https://www.gesetze-im-internet.de/geoldg/>>

WHG: Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 9. Juni 2021 (BGBl. I S. 1699) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/>

AwSV: Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 905), die durch Artikel 256 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist. <<https://www.gesetze-im-internet.de/awsv/AwSV.pdf>>

Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für das Wasserwerk Blumenthal der swb Netze Bremen GmbH & Co. KG Vom 6. Februar 2014

Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für das Wasserwerk Langen/Leherheide der swb Netze Bremerhaven GmbH & Co. KG Vom 1. Dezember 2008

Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für das Wasserwerk Wulsdorf der Stadtwerke Bremerhaven AG vom 24.04.1975, geändert durch die Erste Änderungsverordnung vom 29. August 1988

A1.2 Richtlinien, Regelwerke

VDI 4640 Blatt 1: 2010-06 Thermische Nutzung des Untergrunds; Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Berlin: Beuth Verlag

VDI 4640 Blatt 2: 2019-06 Thermische Nutzung des Untergrunds; Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. Berlin: Beuth Verlag

DVGW W 120-2: 2013 Qualifikationsanforderungen für die Bereiche Bohrtechnik und oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden). Berlin: Beuth Verlag

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2019: Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und -kollektoren <https://www.lawa.de/documents/lawa-empfehlungen-anforderungen-erdwaermeanlagen_umlaufo_mk_2_1559634462.pdf>

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2020: aktualisierte Positivliste der "Empfehlungen der LAWA für wasserwirtschaftliche Anforderungen an Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren" <<https://www.lawa.de/Publikationen-363-Waermetraeger,-Erdwaerme-.html>>

A1.3 Weiterführende Literatur

Empfehlungen Oberflächennahe Geothermie - Planung, Bau, Betrieb und Überwachung - EA Geothermie des Arbeitskreises Geothermie der Fachsektion Hydrogeologie (FH-DGG) und Fachsektion Ingenieurgeologie (FI-DGGT/DGG) (2015) Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften (DGG) und Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT). Ernst & Sohn 290 S: ISBN 978-3-433-02967-1

Oberflächennahe Geothermie für Gebäude - Grundlagen und Anwendungen zukunftsfähiger Heizung und Kühlung, Roland Königsdorff (2011), 332 S., Fraunhofer IRB Verlag ISBN 978-3-8167-8271-1

Arbeitshilfen Geothermie - Grundlagen für oberflächennahe Erdwärmesondenbohrungen, Tholen, M. & Walker-Hertkorn, S., (2008), 206 S. wvgw Verlagsgesellschaft, ISBN 978-3-89554-167-4

Handbuch Oberflächennahe Geothermie Hrsg.: Bauer, M., Freeden, W., Jacobi, H., Neu, T. (2018), 817 S. Springer-Verlag, ISBN 978-3-662-50306-5

A2: Inhalt für einen Monitoringbericht

Der Monitoringbericht dient dazu, den Nachweis eines korrekten Anlagenbetriebes zu erbringen und soll auch zur Beweissicherung des Betriebes der Anlage dienen. Er gibt einen Überblick über die Betriebsweise der Erdwärmeanlage im Verlauf des Berichtszeitraums. Ein wenige Seiten umfassendes Dokument ist anzustreben. Die geforderten Inhalte des Monitoringberichtes sind im Einzelnen:

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
- 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, Erlaubnis, Betriebsbeginn, Anlagenerweiterungen, ggf. Betriebsunterbrechungen und Gründe hierfür
- Anzahl und Länge der errichteten/betriebenen Erdwärmesonden sowie ggf. Anzahl und Tiefe von Messstellen
- Übersichtsplan mit Lage der errichteten/betriebenen Erdwärmesonden sowie etwaiger Messstellen (i. d. R. im Maßstab 1:500)
- Methodik der Messwertaufnahme (wie, wo und unter Zuhilfenahme welcher Messtechnik wurden die beschriebenen Daten gewonnen)

- Betriebsweise der Erdwärmeanlage
 1. Heizbetrieb und / oder Kühlbetrieb mit Angabe der kW
 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 interoperabler digitaler, tabellarischer Form auf Datenträgern beizufügen:

- Außentemperatur in Form von Stundenwerten [°C]
- Stromverbrauch der Erdwärmeanlage in Form von Monatswerten [MWh/a]
- Wärmemenge Heizwärme in Form von Monatswerten [MWh/a]
- Vor- und Rücklauftemperaturen des Gesamtfeldes in Form von Stundenwerten [°C]
- Vor- und Rücklauftemperaturen an einer ausgewählten Erdwärmesonde zentral im Erdwärmesondenfeld oder Temperaturdaten aus Temperatur-/Grundwassermessstellen in Form von Stundenwerten [°C]
- Wärmemenge, die dem Feld entnommen wurde, in Form von Monats- und Jahreswerten [MWh/a]
- Wärmemenge, die in das Feld verbracht wurde, in Form von Monats- und Jahreswerten [MWh/a]

Die Angabe weiterer aufgenommener Parameter (z.B. Ein- und Ausschaltzeiten der Verdichter oder Primärkreispumpe) kann die Identifikation und Nachvollziehbarkeit von Fehlern und Problemen durch Abgleich mit simultan gemessenen Temperaturdaten ermöglichen. Fehler/Probleme können beispielsweise durch ungünstig getaktete Datenlogger, defekte Anlagenbauteile (z.B. Fühler oder auch Ventile) oder fehlerhaft eingebaute Pumpen verursacht werden und einen grundsätzlich korrekten Anlagenbetrieb als fehlerhaft abbilden.

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) und der Außentemperatur
- Jahresgang der Erdreichtemperaturen aus den einzelnen Temperaturmesspunkten oder der Vorlauf-/Rücklauftemperaturen aus einer ausgewählten Erdwärmesonde und der Außentemperatur
- Gegenüberstellung der geplanten und tatsächlich dem Feld entnommenen/in das Feld eingebrachten Wärmemengen (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

A3: Kontaktadressen

Wasserbehörde Bremen

Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
Referat 34 - Wasserbehörde
An der Reeperbahn 2
28217 Bremen
Tel.: 0421-361-5485
wasserbehoerde@umwelt.bremen.de

Wasserbehörde der Stadt Bremerhaven

Umweltschutzamt Bremerhaven
Wurster Straße 49
27580 Bremerhaven
Tel.: 0471—5902037
u-amt@magistrat.bremerhaven.de

Geologischer Dienst für Bremen

Leobener Straße 8
28359 Bremen
Tel.: 0421-218659-11
geothermie@gdfb.de

Kampfmittelräumdienst der Polizei Bremen

Niedersachsendamm 78 - 80
28201 Bremen
Tel.: (0421) 362-12281/12232
kampfmittel@polizei.bremen.de

Altlastenauskunft

Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau
Referat 24 - Bodenschutz
An der Reeperbahn 2
28217 Bremen
altlastenauskunft@umwelt.bremen.de

