



Bau- und Umweltschutzdirektion

Kanton Basel-Landschaft

Amt für Umweltschutz und Energie

Erdwärmekonzept BL

**Konzept für die Nutzung der Erdwärme zu Heiz- und/oder Kühlzwecken
durch Erdwärmesonden, Erdregister, Wärmekörbe, Energiepfähle und
Grundwasserwärmepumpen im Kanton Basel-Landschaft**

April 2014

Datum: 22. April 2014

Adresse Amt für Umweltschutz und Energie
Rheinstrasse 29
4410 Liestal
T: 061 552 55 05
www.bl.ch

Bearbeitung: Dr. Adrian Auckenthaler,
Dr. Dominik Bänninger,
Prof. Dr. Peter Huggenberger,
Dr. Christoph Butscher

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	3
2	Einleitung	4
2.1	Ausgangslage.....	4
2.2	Gültigkeit	4
2.3	Gesetzliche Grundlagen	4
3	Bewilligungsverfahren.....	6
4	Erdwärmesonden	9
4.1	Beschreibung	9
4.2	Risiken	9
4.3	Bewilligungspraxis unter der geltenden Gesetzgebung	10
4.4	Kriterien.....	11
4.4.1	Wärmenutzung durch Erdwärmesonden unzulässig, Gebiet A)	13
4.4.2	Wärmenutzung durch Erdwärmesonden mit speziellen Auflagen, Gebiet B).....	14
4.4.3	Wärmenutzung durch Erdwärmesonden mit Standardauflagen, Gebiet C).....	19
4.5	Auflagen.....	19
4.5.1	Standardauflagen für Erdwärmesonden	19
4.5.2	Spezielle Auflagen für Erdwärmesonden.....	22
5	Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle.....	25
5.1	Beschreibung	25
5.2	Risiken	25
5.3	Kriterien.....	25
5.3.1	Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle unzulässig, Gebiet A).....	25
5.3.2	Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle mit speziellen Auflagen, Gebiet B).....	26
5.3.3	Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle mit Standardauflagen, Gebiet C) 26	
5.4	Auflagen.....	26
6	Grundwasserwärmepumpen.....	29
6.1	Beschreibung	29
6.2	Risiken	29
6.3	Kriterien.....	30
6.3.1	Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen unzulässig, Gebiet A).....	31
6.3.2	Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen mit speziellen Auflagen, Gebiet B).....	32
6.3.3	Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen mit Standardauflagen, Gebiet C)	33
6.4	Auflagen.....	33
6.4.1	Standardauflagen für Grundwasserwärmepumpen.....	33
7	Ausblick auf geplante Vollzugsinstrumente	37
7.1	GIS-basierte Wärmenutzungskarte	37
7.2	Prozessorientierte Untersuchungen zur Wärme- und Grundwasserbewirtschaftung	38
8	Verzeichnisse	41
8.1	Literatur.....	41
8.2	Beilagen	41

1 Vorwort

Im Kanton Basellandschaft wurden in den letzten Jahren rund 400 Erdwärmesonden gebohrt. Erdwärmesonden sind die weitaus am meisten installierten Anlagen zur Wärmenutzung aus dem Boden und Untergrund. Wesentliches Kriterium für die Bohrbewilligung von Erdwärmesonden war bisher die Lage der Bohrung ausserhalb des Gewässerschutzbereiches A_u. Da der Gewässerschutzbereich A_u vor allem in den Talsohlen vorkommt - wo auch die grössten Siedlungsgebiete liegen - konnten viele Interessenten keine Bohrung erstellen. Im übrigen Bereich hingegen wurden Erdwärmesonden meist bewilligt obwohl auch in diesen Gebieten geologische Risiken vorhanden sein können. Das Amt für Umweltschutz und Energie, das für die Erdwärmesondenbohrungen zuständig ist, hat die Bewilligungspraxis grundsätzlich überarbeitet und den heutigen Kenntnissen über die (hydro-)geologischen Risiken ausgehend von der Wärmenutzung aus dem Untergrund sowie den Bedürfnissen der Förderung von erneuerbaren Energien angepasst.

Mit der neuen Bewilligungspraxis für Erdwärmesonden wird durch eine differenzierte Betrachtung, d.h. einer genauen Analyse auch in geologisch schwierigen Formationen, den Gefahren für das Grundwasser und das Gebirgsquellen besser begegnet. Der Schutz des Grundwassers für die Trinkwassergewinnung hat gegenüber der Erdwärmenutzung klar den Vorrang. Durch den unsachgemässen Bau und Betrieb von Erdwärmenutzungsanlagen können Risiken für das Grundwasser aber auch Gebäudeschäden durch das Gebirgsquellen entstehen. Deshalb ist eine sorgfältige Planung und Ausführung unabdingbar.

Dieses Konzept wurde in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Angewandte und Umweltgeologie der Universität Basel erstellt. Es stützt sich auf den Entwurf der Vollzugshilfe Wärmenutzung aus Boden und Untergrund, des Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2007).

Das Konzept richtet sich hauptsächlich an Geologiebüros und Firmen, die Erdwärmesondenbohrungen planen und ausführen. Es soll ihnen bei der Beratung ihrer Kunden helfen und die Erstellung von Gutachten zu Erdwärmesondenbohrungen vereinheitlichen und standardisieren.

Wir sind überzeugt, dass mit der aufgezeigten Bewilligungspraxis der Grundwasserschutz gewährleistet ist, die geologischen Risiken erkannt und gleichzeitig erneuerbare Energien gefördert werden.

Dr. Adrian Auckenthaler

Ressort Gewässer und Altlasten

Amt für Umweltschutz und Energie

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Die Zahl der Anlagen zur Gewinnung geothermischer Energie aus dem Untergrund steigt im Kanton Basel-Landschaft stetig an. Auch wenn der umweltpolitische Nutzen solcher Anlagen bezüglich einer Reduktion der CO₂-Emission unbestritten ist, kann während des Baus, des Betriebs und allfälligen späteren Umnutzungen eine Gefährdung der Umwelt, im Besonderen des Grundwassers, nicht ausgeschlossen werden. Auf Gesetzesebene wird dieser Gefährdung im Wesentlichen durch das Gewässerschutzgesetz und die Gewässerschutzverordnung Rechnung getragen. Für den Vollzug auf kantonaler Ebene ist es jedoch von grosser Wichtigkeit, dass konkrete Regeln für die Planung, den Bau und Betrieb von geothermischen Anlagen formuliert werden, die im Kanton Basel-Landschaft verbindlich sind.

Das vorliegende Wärmenutzungskonzept, regelt das Vorgehen bei der Abklärung der Standorte, der Gesuchstellung, der Bewilligung und dem Betrieb von Anlagen zur Erdwärmenutzung. Dazu werden die verschiedenen Systeme beschrieben, mit denen Wärme aus dem Untergrund genutzt werden kann. Für diese Systeme werden jeweils die damit verbundenen Risiken für Grundwasser und Umwelt genannt und darauf basierend Kriterien formuliert, an welchen Standorten eine entsprechende Wärmenutzung zulässig ist. Die Kriterien werden entsprechend der geologisch-hydrogeologischen Gegebenheiten im Kanton Basel-Landschaft konkretisiert. Ausserdem enthält der Bericht eine Zusammenstellung von Auflagen, die für die Planung, den Bau und Betrieb von geothermischen Anlagen erfüllt werden müssen.

2.2 Gültigkeit

Oberflächennahe Geothermie ist die Wärmenutzung, die durch Erdwärmesonden, Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle sowie Grundwasserwärmepumpen genutzt werden kann. Die Vollzugshilfe Wärmenutzung (BAFU 2007) umfasst Erdsonden, die bis in Tiefen von 400 m gebohrt werden. Das vorliegende Wärmenutzungskonzept bezieht sich bei Erdwärmesonden auf Tiefen bis max. 200 m. Bei genügenden geologischen Kenntnissen und bei genügendem Sicherheitsabstand zu den in diesem Konzept genannten kritischen Schichten können in Absprache mit dem AUE auch Bohrtiefen grösser als 200 m realisiert werden.

Das Konzept berücksichtigt geschlossene Systeme, in denen die Wärmeträgerflüssigkeit in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert wie bei Erdwärmesonden, Erdregistern, Wärmekörben und Energiepfählen und offene Systeme, bei denen die Wärmeträgerflüssigkeit - in diesem Fall das Grundwasser - in direktem Kontakt zum natürlichen Untergrund steht wie bei Grundwasserwärmepumpen. Der im Bericht verwendete Begriff Wärmenutzung umfasst die Nutzung von Erdwärme zu Heiz- und/oder zu Kühlzwecken.

2.3 Gesetzliche Grundlagen

Auf Bundesebene ist die Wärmenutzung aus dem Untergrund über die Gesetze und Verordnungen zum Gewässerschutz geregelt. Dabei sind insbesondere die Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (BV, SR 101), das Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991 (GSchG, SR 814.20) und die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201) von Bedeutung. Darüber hinaus sind die

Wegleitung Grundwasserschutz (BUWAL, 2004) und die Vollzugshilfe Wärmenutzung aus Boden und Untergrund (BAFU, 2009b) massgeblich. Bezüglich des Einsatzes von klimawirksamen Kältemitteln (sog. in der Luft stabile Stoffe) in Wärmepumpen gelten die Bestimmungen der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung vom 18. Mai 2005 (ChemRRV, SR 814.81).

Auf Kantonaler Ebene sind vor allem das Gesetz über die Nutzung und den Schutz des Grundwassers vom 3. April 1967 (Grundwassergesetz, SGS 454) und die Verordnung über die Wasserversorgung sowie die Nutzung und den Schutz des Grundwassers vom 13. Januar 1998 (SGS 455.11) zu berücksichtigen. Die wichtigsten Artikel sind §19 und §20 in SGS 455.11. Diese verlangen, dass die Wärmenutzung aus dem Boden und Untergrund immer einer Bewilligung der Bau- und Umweltschutzdirektion des Kantons Basel-Landschaft bedarf. Die Bau- und Umweltschutzdirektion erlässt in der Bewilligung die Auflagen und Bedingungen zur Verhinderung von Gewässerverschmutzungen, geologischen Gefährdungen und zur Wahrung Rechte Dritter. Erdsondenanlagen sind in den Gewässerschutzbereichen S und A nicht gestattet. Ausnahmen in Randgebieten des Gewässerschutzbereiches können und bestimmten Voraussetzungen bewilligt werden

3 Bewilligungsverfahren

Im Siedlungsgebiet sind Erdwärmesonden überall da zugelassen, wo keine Gefährdung des Grundwassers auftreten kann und bei der Erstellung und im Betrieb der Erdwärmesonden keine geologischen Risiken bestehen. Generell nicht erlaubt sind Erdwärmesonden in Grundwasserschutzzonen, auf belasteten Standorten und Standorten mit konkurrierenden Nutzungen (z.B. unterirdischen Anlagen). Außerhalb des Siedlungsgebiets sind Erdsondenanlagen ebenfalls nicht erlaubt. Erdsondenanlagen sind bewilligungspflichtig, Bewilligungsbehörde ist das Amt für Umweltschutz und Energie (AUE).

In der Erdwärmekarte auf dem Geo-Portal des Kantons Basel-Landschaft (<http://www.geoview.bl.ch/>) ist dargestellt, wo die Erstellung von Erdwärmesonden erlaubt ist. Es werden folgende Fälle unterschieden:

- **Fall A:** Erdwärmesondenbohrungen sind nicht erlaubt.
- **Fall B:** Erdwärmesondenbohrungen werden mit speziellen Auflagen bis zur maximal zulässigen Bohrtiefe bewilligt.
- **Fall BC:** Erdwärmesondenbohrungen werden mit speziellen Auflagen bis zur maximal zulässigen Bohrtiefe bewilligt. Bohrungen werden ohne speziellen Auflagen bewilligt, wenn die Bohrtiefe so gewählt wird, dass nur in Schichten des Fall C (ersichtlich aus dem Schichtprofil) gebohrt wird.
- **Fall C:** Erdwärmesondenbohrungen werden ohne speziellen Auflagen bis zur maximal zulässigen Bohrtiefe bewilligt.

Gesuche für Bohrungen, welche den Fällen B, BC und C genügen, können ohne ein hydrogeologisches Gutachten eingereicht werden.

Für alle anderen Bohrungen (z.B. tiefer als die maximal zulässige Bohrtiefe) muss ein hydrogeologisches Gutachten eingeholt und mit dem Gesuch eingereicht werden. Ausnahmen können nur bewilligt werden, wenn das geologische Gutachten eindeutig aufgezeigt, dass am Standort durch die grössere Bohrtiefe keine zusätzlichen Risiken entstehen und die Kriterien des Erdwärmekonzept erfüllt sind.

Die Erdwärmekarte prognostiziert die maximale Bohrtiefe aufgrund der bei der Erstellung der Karte vorhandenen Informationen. Ein Gesuch kann abgelehnt werden, wenn seit der Erstellung der Karte neue geologische Informationen vorhanden sind, welche zeigen, dass Bohrungen an diesem Standort gemäss dem Erdwärmekonzept nicht zulässig sind. Die in der Erdwärmekarte prognostizierte maximale Bohrtiefe ist deshalb keine garantierte Bohrtiefe

Grundsätzlich gilt: Sollten andere geologische Schichten als die in der Erdwärmekarte prognostizierten Schichten angetroffen werden, dürfen diese nur angebohrt werden, wenn die Kriterien des Erdwärmekonzeptes eingehalten werden können.

Für Erstellung einer Erdsondenbohrung muss dem AUE ein Gesuch mit folgenden Angaben eingereicht werden:

- Bohrgesuchsformular (www.baselland.ch)
- Beiblatt Erdwärmenutzung (www.baselland.ch)
- Situationsplan (Lage der Bohrung auf Übersichtskarte 1:500)
- Hydrogeologisches Gutachten, falls erforderlich

Die Anforderungen an das hydrogeologische Gutachten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Das Gutachten ist durch ein kompetentes Büro zu erstellen und umfasst in der Regel einige A4 Seiten. Die Kosten gehen zu Lasten des Gesuchsstellers resp. der Gesuchstellerin.

Aufgrund der eingereichten Unterlagen beurteilt das AUE, ob die gewünschte Wärmenutzung aus dem Untergrund möglich ist und welche Auflagen zu beachten sind. Ist die Wärmenutzung möglich erteilt das AUE eine **Bewilligung** mit Standardauflagen oder mit speziellen Auflagen. Diese Auflagen sind in diesem Konzept unter der jeweiligen Wärmenutzungsart aufgeführt.

Für den Bau und Betrieb von Grundwasserwärmepumpenanlagen ist neben der gewässerschutzrechtlichen auch eine wasserwirtschaftliche Bewilligung (Konzession zur Grundwassernutzung) erforderlich ist. Die Grundwasserentnahme für Heiz- und Kühlzwecke wird nur bei grossen Anlagen erlaubt (siehe Tabelle 2). Alle Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln sind zusätzlich den Vorschriften der ChemRRV unterstellt (Bewilligungs-, Melde- und Wartungspflichten).

Die Wärmenutzung aus dem Boden und Untergrund bedarf immer einer Bewilligung der Bau- und Umweltschutzdirektion des Kantons Basel-Landschaft. Die Bewilligung enthält die Auflagen und Bedingungen zur Verhinderung von Gewässerverschmutzungen, geologischen Gefährdungen und zur Wahrung Rechte Dritter. Die Bewilligung ist gebührenpflichtig (200.-CHF).

Tabelle 1: Anforderungen an den Inhalt eines hydrogeologischen Gutachtens.

Kapitel	Inhalt
Einleitung	Art des Gebäudes, Gemeinde, Parzellenummer, Adresse, Anzahl Erdwärmesondenbohrungen, Tiefe der gewünschten Bohrungen, Lage der Parzelle im oder ausserhalb der Siedlungszone, Angabe über eine mögliche altlastenrechtliche Belastung der Parzelle (belasteter Standort), Auftraggeber des Gutachtens.
Geologie	Allgemeine Beschreibung der lokalen Geologie, ev. erwähnen von Besonderheiten. In Unterabschnitten kurze Beschreibung der einzelnen geologischen Einheiten z.B.: Quartär: Verwitterungslösslehm, abgeschwemmt Tertiär: untere Elsässer Molasse (Cyrenenmergel) - Chattien, Oligozän Meletta-Schichten (Septarienton) - Rupélien, Oligozän Jura - Malm: Oberes Oxfordien - Court Formation; Oberes Oxfordien - Vellerat Formation; Mittleres Oxfordien - St. Ursanne Formation Kurzer Beschrieb (4-5 Zeilen) der einzelnen Formationen und deren Mächtigkeit am Standort der Erdwärmesonden. Zudem sind Angaben zu machen über mögliche Rutschgebiete oder Gebirgsquellen.
Hydrogeologie	Lage der Parzelle im Gewässerschutzbereich, Abstand zu Grundwassernutzungen (Quellen und Pumpwerken), mögliche Auswirkungen auf bestehende Nutzungen, Bewertung der durchbohrten Formationen hinsichtlich ihrer hydraulischen Eigenschaften (Grundwasserleiter oder Stauer), artesisch gespanntes Grundwasser vorhanden, Grundwasserstockwerksbau, stark mineralisiertes Grundwasser. Diese Beschreibung ist ca. eine halbe bis eine A4 Seite. Beurteilung des Standortes für die Erstellung einer Erdwärmesonde nach den Kriterien des "Wärmenutzungskonzepts zur Erstellung von Erdwärmesonden" des AUE. Beschreibung möglicher Probleme bei der Bohrung und entsprechende Lösungsansätze.
Empfehlung	Abschätzung der geologischen Risiken, allenfalls Alternativen, wenn gewünschte Tiefe der Sonden aufgrund der Geologie nicht möglich ist, Mindestabstand von Erdwärmesondenbohrungen (min. 7m). Vorschlag von Tests die zeigen, dass die Anforderungen erfüllt werden.

Tabelle 2: Typischer Einsatzbereich von Erdwärmennutzungen.

Anlage	Typischer Einsatzbereich
Erdwärmesonden	Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, kleinere Überbauungen
Erdregister	Einfamilienhäuser
Wärmekörbe	Einfamilienhäuser
Energiepfähle	Einfamilienhäuser, Gewerbebetriebe
Grundwasserwärmepumpen	grosse Anlagen (>50kW)

4 Erdwärmesonden

4.1 Beschreibung

Erdwärmesonden bestehen aus einem U-förmig gebogenen Kunststoffrohr, welches in ein vertikales, dicht hinterfülltes Bohrloch eingebaut wird. In der Sonde zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit, die dem Untergrund Wärme entzieht und mittels einer angeschlossenen Wärmepumpe an einen Wärmespeicher weitergibt. Die als Wärmeträger üblicherweise eingesetzten Flüssigkeiten (Glycol/Wasser-Gemische) sind meist schwach wassergefährdend. Wärmeträgerflüssigkeiten, die für diesen Zweck geeignet sind und das Wasser nicht gefährden, gibt es in der Praxis nicht. Basisstoffe, die für Wärmeträgerflüssigkeiten in Erdwärmesonden geeignet sind, sind im Anhang 6 der Vollzugshilfe Wärmenutzung aus Boden und Untergrund (BAFU 2009) aufgeführt. Gemäss Bundesamt für Umwelt werden wassergefährdende Flüssigkeiten wie folgt klassiert (BUWAL 1999): In die Wassergefährdungsklasse 1 werden Flüssigkeiten eingeteilt, die in kleinen Mengen Wasser verunreinigen können; in die Wassergefährdungsklasse 2 werden Flüssigkeiten eingeteilt, die in grossen Mengen Wasser verunreinigen können. Die Klassierung entspricht dem Stand der Technik, auch wenn die darauf Bezug nehmende Verordnung vom 1. Juli 1998 über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF) inzwischen aufgehoben worden ist. Als Wärmeträgerflüssigkeiten für Erdwärmesonden kommen Glycole oder Alkohole der Klasse 1 und 2 in Frage. Im Gewässerschutzbereich Au sind Flüssigkeiten der Klasse 2 zu verwenden. Im übrigen Bereich sollen, wo möglich, ebenfalls die weniger wassergefährdende Flüssigkeit (Klasse 2) verwendet werden.

In diesem Bericht werden nur Erdwärmesonden berücksichtigt, in denen die Wärmeträgerflüssigkeit in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert (geschlossene Systeme). „Halboffene“ Systeme (sog. Koaxialbrunnen) sind generell nicht zulässig und werden nicht behandelt. Unterlagen zu Bohrverfahren, Interventionsmöglichkeiten bei Bohrschwierigkeiten (Verrohung, Injektionen, Abdichtungen, etc.) können z.B. der SIA Norm "Erdsonden" (Mai 2009 im Entwurf vorhanden) entnommen werden. Möglichkeiten für die Prüfung von Standardauflagen (z.B. Qualität von Injektionen und Abdichtungen) werden derzeit ausgearbeitet.

4.2 Risiken

In den meisten Fällen entstehen bei der Bohrung von Erdwärmesonden durch vorgängige sorgfältige (hydro-)geologische Abklärungen und der Beschränkung der Bohrungen auf unkritische Gesteinsschichten keine grösseren Schäden. Es bestehen jedoch generelle Risiken für die Umwelt und das Grundwasser sowie für die Anlage, die nicht ausser Acht gelassen werden können.

Für die Umwelt und das Grundwasser ergeben sich folgende Risiken:

- Gefährdung des Grundwassers beim Bohrvorgang und der Verfüllung und während dem Betrieb der Anlage durch physikalische oder chemische Änderung der Umwelt wie z.B. Austritt des Bohr- oder Füllmittels oder der Wärmeträgerflüssigkeit in die Umwelt, oder Temperaturänderung
- Schaffung von Wasserwegsamkeiten von der Oberfläche in den Untergrund und vom Untergrund an die Oberfläche durch die Bohrung selbst oder nach Fertigstellung der Anlage durch die Auflockerungszone um das Bohrloch. Dadurch können folgende

Gefahrenbilder entstehen:

- Kontamination des Grundwassers
- Änderung der hydraulischen Verhältnisse im Untergrund, dadurch Beeinflussung von benachbarten bestehenden Grundwassernutzungen und Quellaustritten
- Verbindung von Grundwasserstockwerken
- Quellen von Gesteinsformationen
- Auslaugung von leicht löslichen Bestandteilen (Subrosion)
- Austritt von artesisch gespanntem Grundwasser
- Austritt von Erdgas

Für die Anlage bestehen folgende Risiken:

- Beschädigung der Anlage durch Versatz des Bohrlochs in Rutschgebieten
- Korrosion der Anlage durch aggressive Wässer
- Ungenügende Verfüllung des Bohrlochs und dadurch geringere Wärmenutzung
- Übernutzung der Anlage und dadurch Beschädigung der Bohrlochfüllung

4.3 Bewilligungspraxis unter der geltenden Gesetzgebung

Für die Bewilligung von Erdsondenbohrung unterscheidet die geltende Gesetzgebung nur zwischen dem Gewässerschutzbereich A_U (Erdwärmesonden nur unter Auflagen zulässig) und dem übrigen Bereich (Erdwärmesonden immer zulässig ausser es besteht eine Gefahr für das Grundwasser). Für die Umsetzung des Erdwärmekonzeptes heisst das, dass innerhalb des A_U Bohrung nicht bewilligt werden müssen, wenn z.B. geologische Risiken vorhanden sind. Im übrigen Bereich können Bohrungen bei geologisch kritischen Situationen nicht verboten werden, sondern es können lediglich Empfehlungen zuhanden der Bauherrschaft gemacht werden.

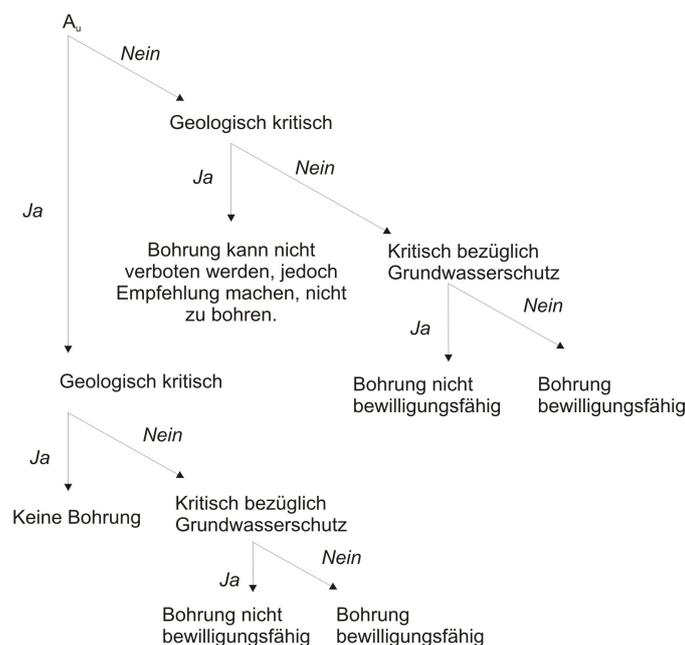


Abbildung 1: Entscheidungsbaum zur Bewilligungsfähigkeit unter der geltenden Gesetzgebung.

4.4 Kriterien

Im Folgenden werden Kriterien genannt, in welchen Gebieten eine Wärmenutzung durch Erdwärmesonden A) generell nicht, B) nur mit speziellen Auflagen oder C) mit Standardauflagen möglich ist. Die Kriterien zielen darauf ab, oben genannte Risiken zu minimieren und schädliche Auswirkungen auf Umwelt und Grundwasser zu verhindern. Bestehende gesetzliche Vorlagen (GSchG, GSchV) werden dabei berücksichtigt. Eine Übersicht gibt Tabelle 3 und die Beilage 1.

Wie bei der Beurteilung der Standortkriterien vorgegangen wird und welche Unterlagen dazu notwendig sind, ist in Abbildung 2 dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht Standortkriterien Erdwärmesonden (EWS). Wärmenutzung mittels Erdwärmesonden A) unzulässig; B) mit speziellen Auflagen möglich; C) mit Standardauflagen möglich.

Standort	Wärmenutzung durch EWS
Grundwasserschutzzonen und –areale (S1 – S3)	A)
Belastete Standorte (inkl. Bauschutt und Inertstoffmaterial)	A)
Standort mit „konkurrierender“ Nutzung (z. B. unterirdische Anlagen)	A)
Ausserhalb Siedlungsgebiet	A)
Karstgebiete (St.-Ursanne Fm. und Kalk- und Dolomitsteine des Oberen Muschelkalks)	A)
Gebiete mit der Gefahr des Gebirgsquellens oder der Subrosion (Gipskeuper, Anhydritgruppe)	A)
A _U innerhalb Siedlungsgebieten	B)
Gebiete mit Kalk- und Dolomitsteinformationen	B)
Grundwasser-Stockwerksbau, gespanntes und artesisch gespanntes Grundwasser oder stark mineralisiertes Grundwasser	B)
Gebiete mit geogenen Problemen (Rutschgebiete, Ölschiefer, Gasaustritte Gebirgsquellen, Subrosion)	B)
Gebiete mit ungenügendem geologischen Wissen	B)
Einflussbereich von Mineral- und Thermalquellen	B)
Übrige Gebiete	C)

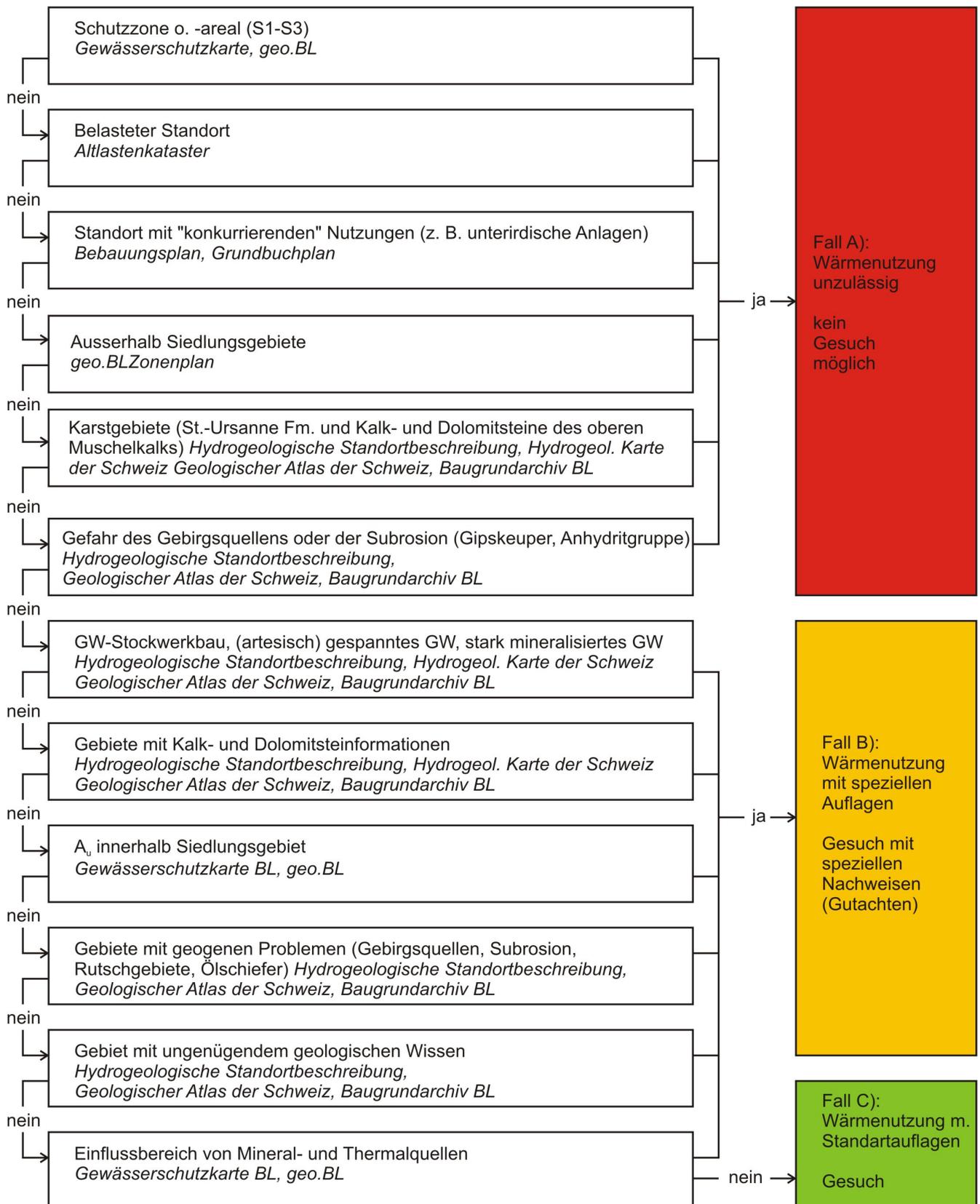


Abbildung 2: Schema zur Überprüfung der Standortkriterien zur Wärmenutzung mittels Erdwärmesonden. Notwendige Daten/Unterlagen in Kursivschrift; Hydrogeologische Standortbeschreibung siehe Text; geo.BL: Geoportal des Kantons (www.geo.bl.ch).

4.4.1 Wärmenutzung durch Erdwärmesonden unzulässig, Gebiet A)

In den unten aufgeführten Gebieten ist eine Wärmenutzung durch Erdwärmesonden unzulässig:

4.4.1.1 Grundwasserschutzzonen und –areale (S1 – S3)

In Grundwasserschutzzonen (S1-S3) und entsprechenden Grundwasserschutzarealen sind Erdwärmesonden unzulässig. Ist die Schutzzone S3 nicht ausgeschieden, ist bei Lockergesteinsgrundwasserleitern und homogenen Kluftgrundwasserleitern von der doppelten Ausdehnung der Schutzzone S2 auszugehen. Bei Karstgrundwasserleitern und inhomogenen Kluftgrundwasserleitern ist bei nicht ausgeschiedener Schutzzone S3 der gesamte Zuströmbereich Z_U als diese aufzufassen.

Nicht alle Schutzzonen entsprechen der geltenden Gesetzgebung, die 1998 verschärft wurde. Diese Schutzzonen sind i.d.R. daran zu erkennen, dass die Zone S3 nicht ausgeschieden wurde. Zur Beurteilung, von Bohrungen in der Nähe von Schutzzonen, so sind die Grenzen des Vorschlages massgebend.

- Sind Untersuchungen zur Neuausscheidung der Schutzzonen im Gang und ein entsprechender Vorschlag für die neuen Schutzzonen vorhanden, so wird der Entscheid anhand dieses Planes gefällt.
- Für Fälle wo noch keine Zone S3 ausgeschieden wurde oder eine Ausscheidung in Planung ist, sind die Grenzen massgebend, die gemäss der Vorschrift der GSchV, Anhang 4, Ziff 124 bestimmt wurden. D.h. der Abstand vom äusseren Rand der Zone S2 bis zum äusseren Rand der Zone S3 ist so gross wie der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2.

4.4.1.2 Belastete Standorte

An belasteten Standorten (inkl. Bauschutt und Inertstoffmaterial) sind Erdwärmesonden unzulässig. Im Kanton Basel-Landschaft gibt es rund 3000 belastete Standorte. Die Besitzer der betroffenen Parzellen wurden alle vom AUE informiert. Bei Unsicherheiten kann der Grundstückbesitzer beim AUE über den altlastenrechtlichen Status seiner Parzelle nachfragen.

In Gebieten mit grossräumigem belastetem Grundwasser sind Erdwärmesonden nicht zulässig. Erdwärmesondenbohrungen werden in folgenden Gebieten nicht bewilligt:

- Gewässerschutzbereich A_U in Schönenbuch
- Gewässerschutzbereich A_U in Muttenz

Im Gewässerschutzbereich A_U in Pratteln entscheidet das AUE fallweise, ob Erdwärmesonden realisiert werden können. In diesem Fall wird ein frühzeitiger Einbezug des AUE BL empfohlen.

4.4.1.3 Standort mit „konkurrierender“ Nutzung

In Gebieten, deren Nutzung oder vorgesehene Nutzung eine Anlage zur Wärmenutzung nicht zulassen, wie z. B. unterirdische Anlagen und Leitungen oder Tunnels, sind Erdwärmesonden unzulässig.

4.4.1.4 Ausserhalb Siedlungsgebiet

Ausserhalb der Siedlungsgebiete entsprechend kommunalem Nutzungsplan (Zonenplan) dürfen

keine Erdwärmesondenanlagen erstellt werden. Die Zonenpläne sind unter www.geo.bl.ch einsehbar.

4.4.1.5 Karstgebiete (St.-Ursanne Formation und Kalk- und Dolomitsteine des oberen Muschelkalks)

Die St. Ursanne Formation ("Rauracien Korallenkalk") und der Obere Muschelkalk bilden regional bedeutende Grundwasserleiter. Gleichzeitig sind die Kalk- und Dolomitsteine dieser Formationen besonders anfällig für Verkarstungen. Erdwärmesondenbohrungen sind in diesen Formationen deshalb unzulässig.

Die Schwierigkeiten beim Bohren in den Karst sind: Spülungsverluste, Standfestigkeit des Bohrlochs, Probleme mit der Zementation (Hinterfüllung Bohrloch), Hohlraum-, bzw. Karsteinsturz. Konkret kann dies bedeuten: Risiken für die Umwelt: Die Spülflüssigkeit kann unkontrolliert in grossen Mengen im Untergrund verschwinden, dort bestehende Wasserwegsamkeiten plombieren oder weitreichende Eintrübungen des Grundwassers verursachen. Ausserdem können durch den Bohrvorgang dauerhaft neue Wasserwegsamkeiten entstehen und die hydraulischen Verhältnisse verändert werden.

4.4.1.6 Gebiete mit Gefahr des Gebirgsquellens und der Subrosion (Gipskeuper, Anhydritgruppe)

Anhydritführende Schichten sind bei Wasserzutritt quellfähig (Gefahr des Gebirgsquellens), Gips- und salzführende Schichten auslaugbar (Gefahr der Subrosion). Diese Prozesse können zu Hebungen oder Senkungen an der Oberfläche, und damit zu grossen Schäden führen. Erdwärmesondenbohrungen sind deshalb in folgenden geologischen Einheiten unzulässig:

- Gipskeuper (Achtung: Unterscheidung Bunte Mergel – Gipskeuper im Bohrkern oftmals sehr schwierig!)
- Anhydritgruppe des Mittleren Muschelkalks

4.4.2 Wärmenutzung durch Erdwärmesonden mit speziellen Auflagen, Gebiet B)

4.4.2.1 An unten aufgeführten Standorten ist eine Wärmenutzung durch Erdwärmesonden nur mit speziellen Auflagen (siehe Kapitel 4.5.2) möglich. A_U innerhalb Siedlungsgebieten

Erdwärmesonden sind im Gewässerschutzbereich A_U in Siedlungsgebieten mit speziellen Auflagen zulässig. Die Verbreitung A_U und Siedlungsgebiete (entsprechend kommunalem Nutzungsplan) sind unter www.geo.bl.ch einsehbar.

4.4.2.2 Gebiete mit Kalk- und Dolomitsteinformationen

In Kalk- und Dolomitsteinformationen können Verkarstungen auftreten. Beim Bohren in Kalk- und Dolomitsteinformationen ist deshalb ein Vorgehen entsprechend des Entscheidungsbaums Abbildung 3 zu befolgen. Neben den in Kapitel 4.4.1.5 genannten Karstformationen kommen in Kanton BL folgende geologische Kalk- und Dolomitsteinformationen vor:

- Kalksteine des Malms (Vellerat Fm., Courgenay Fm.).
- Hauptrogenstein Fm.
- Dolomitsteine im obersten Bereich des Mittleren Muschelkalks (Dolomitzone)

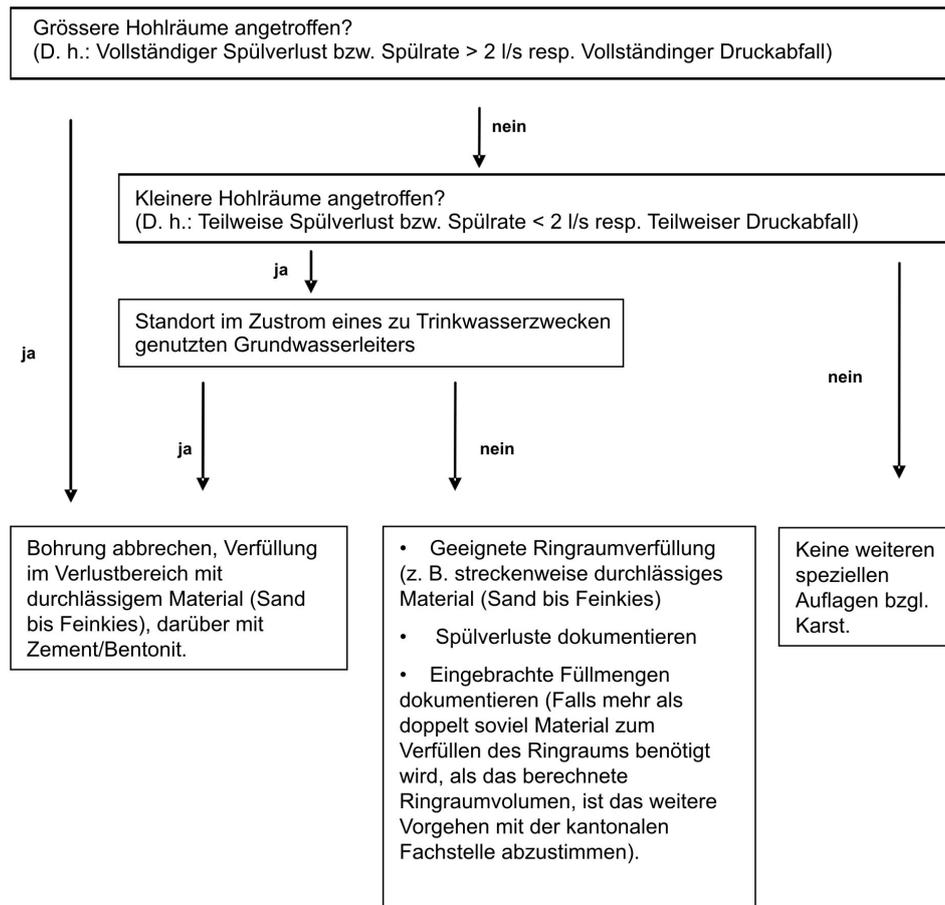


Abbildung 3: Schema zum Vorgehen in Karstgebieten.

4.4.2.3 Grundwasser-Stockwerksbau

In Gebieten mit Grundwasserstockwerksbau ist eine hydraulische Verbindung der Stockwerke unzulässig und ist durch eine Begrenzung der Bohrtiefe auszuschliessen. Grundwasserstockwerksbau kommt in Gebieten vor, in denen zwei durch eine undurchlässige Schicht getrennte Grundwasserleiter auftreten (siehe Abbildung 4). Regionale Grundwasserleiter sind insbesondere in folgenden geologischen Einheiten zu erwarten:

- Quartäre Schotter
- Einzelne Tertiäre Formationen (Meeressand, sandige Fazies der Meletta-Schichten und Elsässer Molasse, Juranagelfluh)
- Kalksteine des Malms (St.-Ursanne Fm., Vellerat Fm., Courgenay Fm.)
- Hauptrogenstein Fm.
- Kalk- und Dolomitsteine des Oberen Muschelkalks (Trigonodus-Dolomit, Hauptmuschelkalk) und Dolomitsteine im obersten Bereich des Mittleren Muschelkalks (Dolomitzone)
- Buntsandstein Fm.

In solchen Gebieten ist der Nachweis zu erbringen, dass die Grundwasserstockwerke durch den

Bau und Betrieb einer Erdwärmesonden nicht hydraulisch verbunden werden.

4.4.2.4 Gespanntes und artesisch gespanntes Grundwasser

Der Austritt von Grundwasser an die Oberfläche kann zu Verschmutzungen und Schäden führen. Wird gespanntes Grundwasser angebohrt, ist häufig unklar, wohin das angebohrte Wasser fliesst. Deshalb ist das Anbohren von gespanntem und artesisch gespanntem Grundwasser unzulässig und durch eine Begrenzung der Bohrtiefe auszuschliessen.

In Basel-Landschaft sind artesisch gespannte Verhältnisse in Tertiären sandigen Schichten des Oberrheingrabens im Gebiet Allschwil – Schönenbuch – Leymen, sowie an verschiedenen Orten in den Formationen des Hauptrogensteins und Hauptmuschelkalks bekannt. Allgemein können gespannte Verhältnisse auftreten, wenn ein Grundwasserleiter von einer undurchlässigen Schicht bedeckt ist, und das Anreicherungsgebiet des Grundwasserleiters höher als dieser am Ort der Bohrung liegt (siehe Abbildung 4). Regionale Grundwasserleiter können in den oben genannten Formationen (Abschnitt Grundwasserstockwerkbau) auftreten.

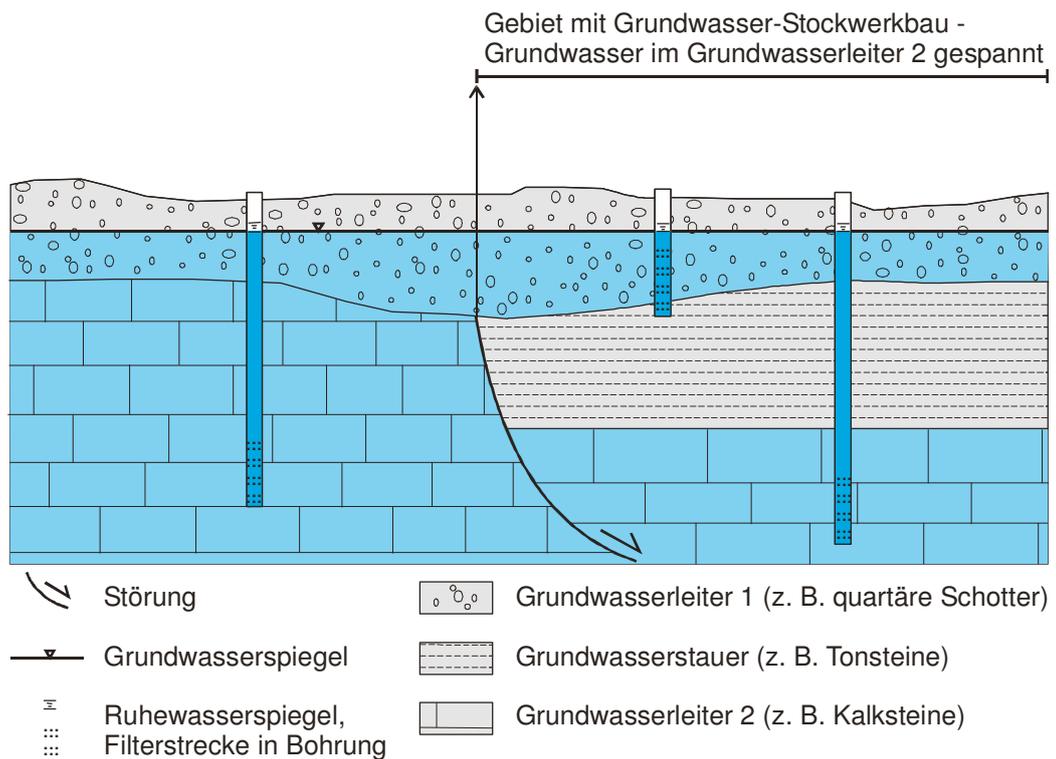
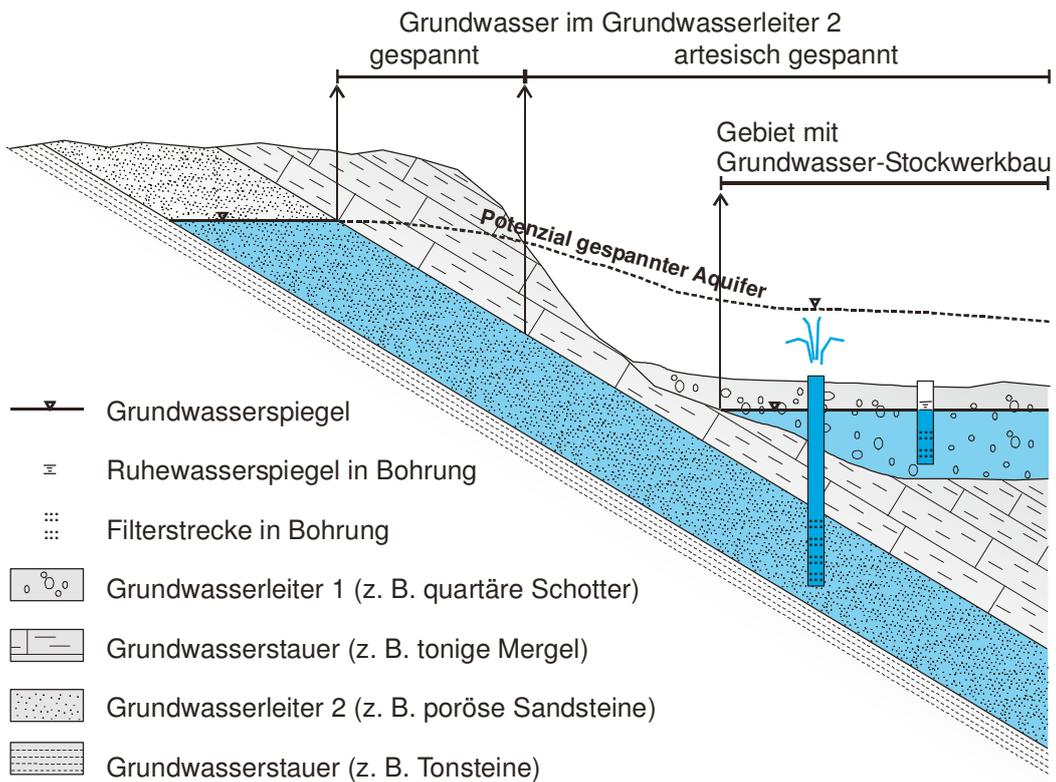


Abbildung 4: Schematische Darstellung von möglichen hydrogeologischen Situationen mit Grundwasserstockwerkbau und gespanntem Grundwasser.

4.4.2.5 Stark mineralisiertes Grundwasser

Das Anbohren von Schichten mit stark mineralisiertem Grundwasser ist in der Regel unzulässig und durch eine Begrenzung der Bohrtiefe auszuschliessen. Ist die chemische Zusammensetzung, die Menge und die Herkunft des Grundwassers bekannt, kann eine Erdwärmesonden in solchen Schichten zulässig sein, wenn durch eine geeignete Materialwahl Schäden an der Anlage und Bohrlochhinterfüllung ausgeschlossen werden können. In folgenden Schichten kann potenziell stark mineralisiertes Grundwasser auftreten:

- Grundgipsschichten der Tüllinger Schichten, evtl. teilweise Elsässer Molasse (falls wasserführend)
- Kalk- und Dolomitsteine des Oberen Muschelkalks (Trigonodus-Dolomit Hauptmuschelkalk) und Dolomitsteine im obersten Bereich des Mittleren Muschelkalks (Dolomitzone)
- Bundsandstein

4.4.2.6 Gebiete mit geogenen Problemen (Rutschgebiete, Ölschiefer, Gasaustritte, Subrosion)

In Gebieten, wo geogene Gefahren möglich sind, schädliche Auswirkungen auf Umwelt, Grundwasser und die Anlage aber durch geeignete Massnahmen verhindert werden können (z.B. Rutschungen, Ölschiefer, kein Anbohren von Schichten mit leicht löslichen Bestandteilen (Subrosionsgefahr), technisch beherrschbare Gasaustritte), sind Erdwärmesonden mit speziellen Auflagen möglich. Dazu gehören folgende Gebiete:

- Rutschgebiete, wie sie in der Gefahrenhinweiskarte (ausserhalb Siedlungsgebiet) resp. Naturgefahrenkarte (innerhalb Siedlungsgebiet) des Kantons dargestellt sind.
- Schichten mit leicht löslichen Bestandteilen: Grundgipsschichten der Tüllinger Schichten, evtl. teilweise Elsässer Molasse.
- Eine Recherche im Baugrundarchiv BL ergab keine Hinweise auf Gefährdungen durch Gasaustritte und Ölschiefer. Dennoch können diese Gefährdungen nicht generell ausgeschlossen werden. Das Auftreten von Ölschiefern ist z. B. in bestimmten Schichten des Lias (Posidonienschiefer) und evtl. auch des Tertiärs (Streifige Mergel) möglich.

4.4.2.7 Gebiete mit ungenügendem geologischen Wissen

In Gebieten mit ungenügendem Wissen über den geologisch-hydrogeologischen Untergrund oder in geologisch komplexen Gebieten mit räumlich stark differenzierter Geologie sind Erdwärmesonden mit speziellen Auflagen zulässig. Dazu zählen folgende Gebiete:

- Gebiete, die nicht durch den geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 abgedeckt werden (z. Zt. Gebiet der Landeskarten Bl. 1068 Sissach, 1069 Frick, 1088 Hauenstein, 1089 Aarau) und zu denen keine lokalen geologischen Aufnahmen vorhanden sind
- Quartäre Lockergesteinskomplexe mit rasch wechselnder sedimentologischer Zusammensetzung und somit rasch wechselnden hydraulischen Eigenschaften (z. B. Gletscherrückzugsgebiete, ehemalige Gletscherrandzonen)
- Störungen und komplexe Verwerfungszonen (z. B. Rheintalflexur)

4.4.2.8 Einflussbereich von Mineral- oder Thermalquellen

Im Einflussbereich von Mineral- und Thermalquellen sind Erdwärmesonden mit speziellen Auflagen möglich. Als Einflussbereich wird zunächst das Gebiet verstanden, das, falls das Grundwasser als Trinkwasser genutzt werden würde, entsprechend der Wegleitung Grundwasserschutz (BUWAL, 2004) als Schutzzone (S1 bis S3) ausgeschieden würde. Es können jedoch auch Prozesse wirksam sein, die eine andere Definition des Einflussbereiches notwendig machen. In solchen Gebieten muss der Nachweis erbracht werden, dass eine thermische Beeinflussung der Mineral- oder Thermalquellen durch die geplante Wärmenutzung und eine qualitative und quantitative Beeinträchtigung des Quellwassers ausgeschlossen werden kann.

4.4.3 Wärmenutzung durch Erdwärmesonden mit Standardauflagen, Gebiet C)

An Standorten in Gebieten ausserhalb der hier definierten Zonen A) und B), ist eine Wärmenutzung durch Erdwärmesonden mit Standardauflagen prinzipiell möglich

4.5 Auflagen

In diesem Kapitel werden die Standardauflagen und die speziellen Auflagen aufgelistet, die zur Bewilligung einer Wärmenutzung durch Erdwärmesonden zu erfüllen sind. Die Standardauflagen und die spezifischen Auflagen wurden weitgehend vom Entwurf der Vollzugshilfe Wärmenutzung aus Boden und Untergrund, des Bundesamtes für Umwelt (BAFU 2007) übernommen und präzisiert.

4.5.1 Standardauflagen für Erdwärmesonden

4.5.1.1 Planungs- und Bauphase

1. Es gelten die kantonalen Bestimmungen in Zusammenhang mit der Bewilligung einer Sondierbohrung.
2. Die maximal zulässige Bohrtiefe beträgt 200 m. Grössere Bohrtiefen sind nur in Ausnahmefällen möglich.
3. Die Bohrtiefe ist so zu wählen, dass die Einsatzgrenzen des eingebauten Materials eingehalten werden und eine fachtechnisch einwandfreie Hinterfüllung des Bohrlochringraumes gewährleistet ist.
4. Die Wärmeträgerflüssigkeit muss in einem geschlossenen System zirkulieren. Koaxialbrunnen (halboffene Systeme) sind nicht zulässig.
5. Es muss ein Abstand von 3 m zur Grundstücksgrenze eingehalten werden. Das AUE bewilligt Ausnahmen, wenn der Nachbar schriftlich bestätigt, mit einem geringeren Abstand einverstanden zu sein. Wenn die Bohrungen innerhalb von Abstandslinien zu liegen kommen sollten, ist eine schriftliche Genehmigung der Gemeinde einzuholen. Bei Kantonsstrassen bewilligt das AUE in Absprache mit dem Tiefbauamt Bohrungen, welche näher als 3 m zu Kantonsstrassen zu liegen kommen.
6. Der Ausführungstermin der Bohrungen ist der Bewilligungsbehörde und dem zuständigen Geologen vor Bohrbeginn mitzuteilen.

7. Es dürfen nur Bohrgeräte und –verfahren eingesetzt werden, die für den anstehenden Baugrund geeignet sind. Grundsätzlich ist sicherzustellen, dass Bohrgerät und –personal den speziellen Anforderungen gewachsen und für ausserordentliche Situationen ausgerüstet sind. Es sind nur Bohrfirmen zuzulassen, die gewährleisten, dass der Stand der Technik eingehalten wird (z.B. Firmen mit FWS-Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen). Dazu gehören: die adäquate fachliche Ausbildung des Bohrpersonals, dessen Vertrautheit mit den gesetzlichen Vorgaben, mit den zu erwartenden Schwierigkeiten und mit den im Notfall zu ergreifenden Massnahmen, die Bereitstellung der Gerätschaften und Mittel zur Bekämpfung und Sanierung von Schadenfällen sowie die sachgemässe Lagerung und Entsorgung der auf der Bohrstelle verwendeten oder anfallenden Materialien.
8. Das eingesetzte Bohrgerät muss mit allen erforderlichen Materialien für die Intervention in ausserordentlichen Situationen ausgerüstet sein. Insbesondere ist den Gefahrenbildern artesisch gespanntes Grundwasser und Gaszutritt Beachtung zu schenken. Das bereitgestellte Material muss auf das Bohrgerät und die eingesetzte Bohrmethode abgestimmt sein. Der chronologische Ablauf der Bohrarbeiten ist durch den Geräteführer schriftlich festzuhalten.
9. Wird Grundwasser angefahren, informiert die Bohrunternehmung sofort, vor Einbau der Erdwärmesonde den zuständigen Geologen und die kantonale Gewässerschutzfachstelle. Das gleiche Vorgehen gilt auch bei sämtlichen übrigen umweltrelevanten Erkenntnissen wie z.B. Gaszutritte, Kavitäten (Hohlräume), das Erbohren von belasteten Standorten oder Ölschiefen.
10. Bei Spülbohrungen dürfen nur Stützmittel ohne Umweltgefährdung eingesetzt werden.
11. Bei Aushub- und Bohrarbeiten ist darauf zu achten, dass Baumaschinen gegen Tropfverluste sowie auslaufende Treibstoffe und Schmiermittel gesichert sind. Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen sind unverzüglich der Gewässerschutzbehörde oder der Polizei anzuzeigen, wenn die ausgelaufenen Stoffe nicht mit einfachen betrieblichen Mitteln zurückgehalten werden können.
12. Das anfallende Abwasser und der Bohrschlamm sind nach Weisungen der Gemeinde fachgerecht (SIA 431- und TVA-konform) zu entsorgen.
13. Für die Aufnahme des Bohrprofils werden Proben von Bohrklein entnommen. Die hydrogeologischen Kennwerte sind zu erheben. Nach Abschluss der Bohrarbeiten wird ein vollständiges Bohrprotokoll gemäss SIA 384/6 (Anhang A5.1 der Vollzugshilfe Wärmenutzung, BAFU 2007) erstellt. Dieses enthält unter anderem folgende Angaben: Anzahl und Tiefe der Bohrungen, Lage der Bohrpunkte (Lageplan, Koordinaten und Höhe des Bohransatzpunktes in m ü. M., geologisches Profil), Ausbauplan, eingesetzte Wärmeträgerflüssigkeit (Art und Menge), Leckageüberwachung, Dichtigkeitsprüfung. Es sind Angaben zu machen zu Wasserstandsmessungen und, falls durchgeführt, Logs und sonstigen Untersuchungsergebnissen. Etwaige Abweichungen von der geplanten Ausführung sind darzustellen. Das Bohrprotokoll wird dem für die Bohraufnahme beauftragten Geologen und der zuständigen Behörde zugestellt.
14. Erdwärmesonden sind in ihrer gesamten Länge inkl. Sondenfuss werkseitig herzustellen.
15. Die erdverlegten Rohrsysteme müssen dauerhaft und korrosionssicher sein. Üblicherweise kommen hier Kunststoffrohre zum Einsatz. Alle erdverlegten Verbindungen, auch die Anbindungen an die Verteilleitungen, sind als unlösbare, korrosionsbeständige

Verbindungen auszuführen. Der erdseitigen Anlagenteil muss für die auftretenden Drücke zugelassen sein und ist einer Druckprüfung zu unterziehen. Die Prüfergebnisse sind in einem Prüf- und Abnahmeprotokoll gemäss SIA 384/6 (Anhang A5.2 der Vollzugshilfe Wärmenutzung, BAFU 2007) zu dokumentieren. Das Prüf- und Abnahmeprotokoll wird dem AUE zugestellt.

16. Die Erdwärmesonde ist ohne Verzug nach Einsetzen in das Bohrloch vom Bohrlochfuss her mit einer aushärtenden und frostbeständigen Suspension bis zur Oberfläche vollständig und lückenlos zu hinterfüllen. Die Hinterfüllung ist über ein beim Sondenfuss befestigtes, im Bohrloch verbleibendes zusätzliches Rohr vorzunehmen.

Für die Suspension gelten die folgenden Mindestanforderungen:

- Spezifisches Gewicht der Suspension $1'200 \text{ kg/m}^3$,
 - Eigenschaften im ausgehärteten Zustand: Durchlässigkeitsbeiwert $k_f \leq 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, keine Rissbildung, keine Sedimentation (Opalit ist nicht zugelassen). Die Setzung der Suspension darf 2% der Bohrtiefe, maximal 5 m, nicht überschreiten, ansonsten ist eine Nachverfüllung auszuführen.
17. Folgende Standardmischungen für 1 m^3 Suspension erfüllt diese Bedingungen: 100 kg Bentonit, 200 kg Zement und 900 kg Wasser. Diese Suspension muss chargenweise angemischt werden. Bei Fertigmischung ist eine kontinuierliche Mischung und Verpressung möglich. Es dürfen nur Zuschlagstoffe ohne Umweltgefährdung eingesetzt werden.
 18. Die Menge der Suspension ist zu erfassen. Übersteigt der Bedarf an Suspension das Zweifache des Bohrlochvolumens, so ist der Hinterfüllungsvorgang vorerst zu unterbrechen und die zuständige Behörde zu informieren.
 19. Bei Misserfolg einer Bohrung vor Einbau der Sonde ist das Bohrloch bis zur Geländeoberkante dauerhaft wasserdicht zu verpressen. Ist die Sonde bereits eingebaut, so ist wie bei der Stilllegung der Anlage vorzugehen.
 20. Die Erstellung von Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln in Geschäftsbauten oder im gewerblich-industriellen Bereich ist gemäss Anhang 2.10 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung bewilligungspflichtig. Das entsprechende Gesuch um Bewilligung einer Wärmepumpe ist dem AUE vorgängig einzureichen.

4.5.1.2 Betriebsphase

21. Ausserhalb des Gewässerschutzbereichs A_u dürfen nur Wärmeträgerflüssigkeiten verwendet werden, welche aus den Basisstoffen hergestellt sind, die in der Liste Anhang A6 von der Wegleitung Wärmenutzung (BAFU 2009) aufgeführt sind. Im Gewässerschutzbereich A_u dürfen nur Wärmeträgerflüssigkeiten verwendet werden, welche zusätzlich der Wassergefährdungsklasse 2 gemäss Liste der klassierten Flüssigkeiten (BUWAL 1999) angehören.
22. Alle erdverlegten geschlossenen Systeme sind durch selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtungen zu sichern und müssen korrosionssicher sein. Im Falle einer Leckage wird die Umwälzpumpe sofort abgeschaltet und ein Störsignal abgegeben. Vom Betreiber der Anlage ist regelmässig zu prüfen, ob aus der Anlage Wärmeträgerflüssigkeit austritt. In diesem Fall ist die Anlage unverzüglich ausser Betrieb zu nehmen. Eine Leckage der

Erdwärmesonden ist der kantonalen Fachstelle unverzüglich zu melden.

23. Für Wärmepumpen mit mehr als 3kg in der Luft stabilen Kältemitteln gelten die Vorschriften gemäss Anhang 2.10 der ChemRRV (Meldung der Inbetriebnahme, periodische Dichtigkeitskontrolle, Führung eines Wartungsheftes).

4.5.1.3 Stilllegung

24. Bei Ausserbetriebnahme solcher Systeme ist die Wärmeträgerflüssigkeit auszuspülen und ordnungsgemäss zu entsorgen. Die Sonde ist sodann vollständig mit einem aushärtenden und frostsicheren Material zu verpressen. Die ordnungsgemässe Stilllegung ist der kantonalen Bewilligungsbehörde anzuzeigen.
25. Die Ausserbetriebnahme von Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln untersteht der Meldepflicht gemäss Anhang 2.10 der ChemRRV.

4.5.2 Spezielle Auflagen für Erdwärmesonden

Für den Fall B müssen folgende zusätzliche spezielle Auflagen erfüllt sein:

1. In Gebieten innerhalb des Gewässerschutzbereiches A_U dürfen nur Wärmeträgerflüssigkeiten verwendet werden, welche in der Liste Anhang A6 von der Wegleitung Wärmenutzung (BAFU 2009) aufgeführt sind und zusätzlich der Wassergefährdungsklasse 2 gemäss Liste der klassierten Flüssigkeiten (BUWAL 1999) angehören. Ein automatisches Abschalten der Umwälzpumpe, ausgelöst durch die selbsttätige Leckageüberwachung (Druckwächter), ist unverzüglich der Alarmzentrale der Polizei zu melden.
2. Bei Bohrungen durch einen Lockergesteinsgrundwasserleiter ist direkt unterhalb der Oberkante des Fels ein permanenter Packer zu setzen, um Verbindungen von Grundwasserstockwerken zu verhindern. Zum Schutz des für Trinkwasser nutzbaren Grundwassers ist bei Bohrungen im Gewässerschutzbereich A_U zusätzlich eine permanente Schutzverrohrungen mindestens im gesättigten Bereich des Grundwassers (d.h. die Strecke von Oberkante Fels bis zum höchsten Grundwasserspiegel) anzubringen. Als Alternative zur permanenten Verrohrung inkl. Packer können im gesättigten Bereich des Grundwassers Gewebestrümpfe verwendet werden. Die Gewebestrümpfe sind zusätzlich bis in den Fels einzubringen, so dass die Gewebestrümpfe die Funktion des Packers wie oben beschrieben übernehmen können.
3. In Gebieten mit Kalk- und Dolomitsteinen ist beim Bohren ein spezielles Vorgehen (siehe Abbildung 3) zu beachten.
4. Ein hydraulisches Verbinden von Grundwasserstockwerken durch den Erdwärmesondenbau muss ausgeschlossen werden können. In Gebieten mit Grundwasserstockwerkbau ist deshalb ein Mindestabstand von 10 % der Bohrlochentiefe, jedoch nicht weniger als 10 m zum unteren Stockwerk einzuhalten. Das Unternehmen, das den Erdwärmesondenbau geologisch begleitet, ermittelt vor Bohrbeginn die maximale Bohrendtiefe, die diesem Mindestabstand Rechnung trägt. Durch eine der Situation angepasste geologische Begleitung der Bohrung vor Ort wird vom Unternehmen sichergestellt, dass der Mindestabstand auch unter den in der Bohrung tatsächlichen angetroffenen geologischen Verhältnissen eingehalten wird.
5. Ein Anbohren eines gespannten Grundwasserleiters durch den Erdwärmesondenbau

muss ausgeschlossen werden. In Gebieten mit gespanntem Grundwasser ist deshalb ein Mindestabstand von 10 % der Bohrlochentiefe, jedoch nicht weniger als 10 m zum gespannten Grundwasserleiter einzuhalten. Das Unternehmen, das den Erdwärmesondenbau geologisch begleitet, ermittelt vor Bohrbeginn die maximale Bohrendtiefe, die diesem Mindestabstand Rechnung trägt. Durch eine der Situation angepasste geologische Begleitung der Bohrung vor Ort wird vom Unternehmen sichergestellt, dass der Mindestabstand auch unter den in der Bohrung tatsächlichen angetroffenen geologischen Verhältnissen eingehalten wird.

6. Ein Anbohren eines stark mineralisierten Grundwasserleiters durch den Erdwärmesondenbau ist in der Regel zu vermeiden. In Gebieten mit stark mineralisiertem Grundwasser ist deshalb ein Mindestabstand von 10 % der Bohrlochentiefe, jedoch nicht weniger als 10 m zum stark mineralisierten Grundwasserleiter einzuhalten. Das Unternehmen, das den Erdwärmesondenbau geologisch begleitet, ermittelt vor Bohrbeginn die maximale Bohrendtiefe, die diesem Mindestabstand Rechnung trägt. Durch eine der Situation angepasste geologische Begleitung der Bohrung vor Ort wird vom Unternehmen sichergestellt, dass der Mindestabstand auch unter den in der Bohrung tatsächlichen angetroffenen geologischen Verhältnissen eingehalten wird. Wenn die chemische Zusammensetzung, die zuströmende Menge und die Herkunft des Grundwassers bekannt ist und ein technisches Gutachten zeigt, dass der Bau und Betrieb einer Erdwärmesonden-Anlage durch geeignete Anpassungen (Korrosionsschutz, Zusammensetzung der Hinterfüllung) ohne schädliche Auswirkungen auf die Umwelt und die Anlage möglich sind, kann ein Hineinbohren in den Grundwasserleiter zulässig sein. Die unter 2. genannten Punkte sind dabei zu beachten.
7. Falls ein geologisches Gutachten erstellt werden muss, müssen alle geologischen Einheiten, die durchbohrt werden oder im Abstand von weniger als 100 m zum Bohrloch auftreten, sowie die Grundwasserverhältnisse spezifiziert werden. Daraus müssen sichere Rückschlüsse auf die Kriterien gezogen werden können, die die Bewilligung von Erdwärmesonden regeln.

Für Erdwärmesondenfelder ist weiter zu beachten:

1. Innerhalb des Gewässerschutzbereiches A_U ist die Wärmeentzugsleistung der Anlage so zu dimensionieren, dass
 - in einer Entfernung von 100 m zur Anlage die Temperatur des Grundwassers infolge der Wärmenutzung nicht mehr als 3°C vom Referenzzustand abweicht. Dabei sind alle bestehenden Nutzungen gesamthaft zu betrachten. Der Referenzzustand entspricht der natürlichen Grundwassertemperatur ohne Wärmenutzungen. Diese unterliegt tiefenabhängig saisonalen Schwankung sowie natürlichen Anomalien. Deshalb sind jeweils langfristige Jahresmittel für die Betrachtungen heranzuziehen.
 - bestehende Grundwasser- und Wärmenutzungen nicht thermisch beeinträchtigt werden. Als Richtwert für eine thermische Beeinträchtigung kann eine Temperaturänderung $\Delta T > 1^\circ\text{C}$ gegenüber dem Ist-Zustand am Standort der bestehenden Nutzung gelten.

Diese Vorgaben können an einem bestimmten Standort oder in bestimmten Gebieten

einer sinnvollen Wärmenutzung durch Erdwärmesonden entgegenstehen.

2. Der thermische Einflussbereich einer geplanten Anlage auf das Grundwasser ist abzuschätzen. In „einfachen Situationen“ kann dies überschlägig wie in Abbildung 5 abgeschätzt werden, wobei die Länge L der Wärme- oder Kältefahne analytisch berechnet werden kann (Berechnung der longitudinalen Ausdehnung der Temperaturänderung $\Delta T > 1^\circ \text{C}$, z. B. Hähnlein et al., in Revision). Eine einfache Situation liegt vor, wenn das Grundwasser in einem ungespannten Lockergesteinsgrundwasserleiter zirkuliert. Wie "einfache" und "komplexe" Situationen besser zu definieren sind, ob weitere Kriterien für den Umfang einer Simulation herangezogen werden müssen, wie der thermische Referenzzustand eines Grundwasserleiters ermittelt werden kann, und wie die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten thermischen Nutzungen zu bewerten sind, soll durch die geplanten Pilotstudien zur Grundwasser- und Wärmebewirtschaftung (vgl. Kap. 7) gezeigt werden.
3. Liegt keine einfache Situation des thermischen Einflussbereichs vor, oder ist aufgrund einer hohen Dichte an Wärmenutzungsanlagen eine Temperaturänderung des Grundwassers von mehr als 3°C gegenüber dem Referenzzustand zu befürchten, sind anspruchsvollere Simulationen mit einem numerischen Grundwassermodell erforderlich (z. B. FEFLOW, Diersch, 2005; SHEMAT, Clauser und Bartels, 2003). Da für die Abschätzung der thermischen Grundwasserbeeinflussung langfristige Mittelwerte herangezogen werden, ist eine stationäre thermische Modellierung ausreichend.

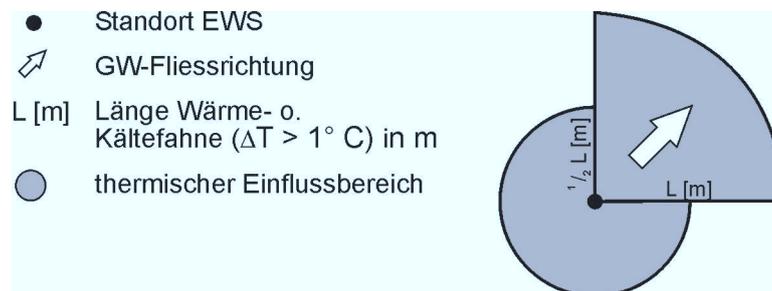


Abbildung 5: Einfache Abschätzung des thermischen Einflussbereichs einer geplanten Erdwärmesonde im Grundwasser.

5 Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle

5.1 Beschreibung

Erdregister bestehen aus horizontal flächig verlegten Kunststoffrohren, in welchen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Die Wärmeträgerflüssigkeit transportiert die Erdwärme zu der Wärmepumpe. Der Einbau der Erdregister erfolgt in einer Tiefe bis zu 2 m. Die Erdregister funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie Erdsonden, werden aber wegen des grossen Flächenbedarfs seltener eingesetzt.

Wärmekörbe bestehen aus einem (ca. 50 m) langen Kunststoffrohr, in dem eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert, und welches an ein Stützgerüst befestigt ist. Der Einbau erfolgt in einer Tiefe zwischen ca. 1.5 m bis 3.5 m.

Erdregister und Wärmekörbe können auch als Direktverdampfer erstellt werden (z.B. mit dem Kältemittel Propan). In diesem System wird das Kältemittel der Wärmepumpe direkt in den erdverlegten Rohren zur Verdampfung geführt.

Energiepfähle sind Tiefen- oder Pfahlfundationen, die mit Rohrleitungen ausgerüstet sind, in denen eine Wärmeträgerflüssigkeit zirkuliert. Die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS (www.fws.ch) bietet Merkblätter über den aktuellen technischen Stand solcher Anlagen an.

5.2 Risiken

Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle sind aus Sicht des Grundwasserschutzes in der Regel unproblematisch, sofern ein Abstand von mindestens 2 m zum höchsten Grundwasserstand eingehalten wird. Für die Umwelt resp. das Grundwasser sind als Risiken einzig die Temperaturveränderungen oder der Austritt der Wärmeträgerflüssigkeit zu nennen. Für die Anlage besteht ein Risiko in Rutschgebieten.

5.3 Kriterien

Im Folgenden werden Kriterien genannt, die die Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle standortspezifisch regeln. Bestehende gesetzliche Vorlagen (GSchG, GSchV) werden dabei berücksichtigt. Eine Übersicht gibt Tabelle 4.

5.3.1 Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle unzulässig, Gebiet A)

An folgenden Standorten ist eine Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle unzulässig:

- Grundwasserschutzzonen S1-S2 (auch S3 bei Erdregister -Anlagen mit Direktverdampfer) und entsprechende Grundwasserschutzareale;
- Belastete Standorte (entsprechend Altlastenkataster);
- Gebiete, deren Nutzung oder vorgesehene Nutzung eine Anlage zur Wärmenutzung nicht zulassen (z. B. unterirdische Anlagen und Leitungen).

Tabelle 4: Übersicht Standortkriterien Erdregister (ER), Wärmekörbe (WK) und Energiepfähle (EP).

Erläuterung: Wärmenutzung mittels ER, WK und EP A) unzulässig; B) mit speziellen Auflagen möglich; C) mit Standardauflagen möglich.

Standort	Wärmenutzung durch ER, WK, EP
Schutzzonen S1 und S2 und entsprechende Schutzareale	A)
Belastete Standorte	A)
Standort mit „konkurrierender“ Nutzung (z. B. unterirdische Anlagen)	A)
A _U bei EP	B)
Rutschgebiete	B)
Übrige Gebiete	C)

5.3.2 Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle mit speziellen Auflagen, Gebiet B)

An unten aufgeführten Standorten ist eine Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle nur mit speziellen Auflagen möglich. Für das Erfüllen der speziellen Auflagen muss grundsätzlich ein Nachweis erbracht werden in Form eines hydrogeologischen oder technischen Gutachtens.

- Energiepfähle im Gewässerschutzbereich A_U (inkl. Schutzzone S3), wenn der Nachweis erbracht wird, dass eine Gefährdung des Trinkwassers ausgeschlossen werden kann.
- Rutschgebiete, wie sie in der Gefahrenhinweiskarte des Kantons dargestellt sind, wenn ein sicherer Bau und Betrieb der Anlage gewährleistet werden kann.

5.3.3 Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle mit Standardauflagen, Gebiet C)

An Standorten, die in Gebieten liegen, die nicht unter A) oder B) fallen, ist eine Wärmenutzung durch Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle mit Standardauflagen möglich. Es ist kein spezielles hydrogeologisches oder technisches Gutachten erforderlich.

5.4 Auflagen

Die Wärmenutzungen mit Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle sind vergleichsweise wenig kritisch. Es gibt deshalb auch weniger Auflagen als bei Erdwärmesonden und Grundwasserwärmenutzungsanlagen.

5.4.1.1 Planungs- und Bauphase

1. Es muss ein Mindestabstand von 2 m zum maximal möglichen Grundwasserstand eingehalten werden.
2. Bei den Bohr- und Aushubarbeiten ist darauf zu achten, dass Baumaschinen gegen Tropfverluste sowie auslaufende Treibstoffe und Schmiermittel gesichert sind. Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen sind unverzüglich der Gewässerschutzbehörde oder der Polizei anzuzeigen, wenn die ausgelaufenen Stoffe nicht mit einfachen betrieblichen Mitteln zurückgehalten werden können.
3. Anfallendes Abwasser und anfallender Bohrschlamm sind fachgerecht (SIA 431- und TVA-konform) zu entsorgen.
4. Die erdverlegten Rohre müssen in dauerhaften und korrosionssicheren Ausführungen eingebaut werden. Üblicherweise kommen hier Kunststoffrohre zum Einsatz. Alle erdverlegten Verbindungen, auch die Anbindung an die Verteilleitungen, sind als unlösbare, korrosionsbeständige Verbindungen auszuführen. Der erdseitige Anlagenteil muss für die auftretenden Drücke zugelassen sein und ist einer Druckprüfung zu unterziehen. Die Prüfergebnisse sind in einem Prüf- und Abnahmeprotokoll gemäss SIA 384/6 (Anhang A5.2 der Vollzugshilfe Wärmenutzung, BAFU 2007) zu dokumentieren. Das Prüf- und Abnahmeprotokoll wird der zuständigen Behörde zugestellt.
5. In Gebieten, in denen eine Wärmenutzung nur mit speziellen Auflagen möglich ist („Fall B“), ist ein Nachweis erforderlich, dass die Einhaltung der Standortkriterien gegeben ist. Beispielsweise müssen die notwendigen Massnahmen für die Wärmenutzungsanlage in Rutschgebiete dargelegt werden. Die erforderlichen Nachweise sind zu dokumentieren. Die Dokumentation muss dem Gesuch beigelegt werden.
6. Die Erstellung von Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln in Geschäftsbauten oder im gewerblich-industriellen Bereich ist gemäss Anhang 2.10 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung bewilligungspflichtig. Das entsprechende Gesuch um Bewilligung einer Wärmepumpe ist dem AUE vorgängig einzureichen.

5.4.1.2 Betriebsphase

7. Ausserhalb des Gewässerschutzbereichs Au dürfen nur Wärmeträgerflüssigkeiten verwendet werden, welche aus den Basisstoffen hergestellt sind, die in der Liste Anhang A6 von der Wegleitung Wärmenutzung (BAFU 2009) aufgeführt sind. Im Gewässerschutzbereich Au dürfen nur Wärmeträgerflüssigkeiten verwendet werden, welche zusätzlich der Wassergefährdungsklasse 2 gemäss Liste der klassierten Flüssigkeiten (BUWAL 1999) angehören.
8. Alle erdverlegten geschlossenen Systeme sind durch selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtungen zu sichern und müssen korrosionssicher sein. Im Falle einer Leckage wird die Umwälzpumpe sofort abgeschaltet und ein Störsignal abgegeben. Vom Betreiber der Anlage ist regelmässig zu prüfen, ob aus der Anlage Wärmeträgerflüssigkeit austritt. In diesem Fall ist die Anlage unverzüglich ausser Betrieb zu nehmen.
9. Für Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln gelten die Vorschriften gemäss Anhang 2.10 der ChemRRV (Meldung der Inbetriebnahme, periodische Dichtigkeitskontrolle, Führung eines Wartungsheftes).

5.4.1.3 Stilllegung

10. Bei Ausserbetriebnahme solcher Systeme ist die Wärmeträgerflüssigkeit auszuspülen und ordnungsgemäss zu entsorgen. Die ordnungsgemässe Stilllegung ist der kantonalen Bewilligungsbehörde anzuzeigen.
11. Die Ausserbetriebnahme von Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln untersteht der Meldepflicht gemäss Anhang 2.10 der ChemRRV

6 Grundwasserwärmepumpen

6.1 Beschreibung

Bei Systemen mit Grundwasserwärmepumpen wird die im Grundwasser vorhandene Wärme direkt mittels einer Wärmepumpe genutzt. Grundwasserwärmepumpen-Anlagen sind offene Systeme, da die Wärmeträgerflüssigkeit - das Grundwasser - in direktem Kontakt zum Untergrund steht. Die Nutzung von Erdwärme mittels Grundwasserwärmepumpen erfordert eine Grundwasserentnahme und die anschliessende Rückführung des genutzten Grundwassers in die Umwelt.

Eine Grundwasserentnahme ist gebührenpflichtig. Um die Grundwasserwärmepumpe langfristig zu betreiben, bedarf es einer Konzession. Voraussetzung für die Einreichung eines Konzessionsgesuchs ist die Abklärung der Machbarkeit mittels (bewilligungspflichtigen) Probebohrungen und Pumpversuchen. Grundwasserwärmepumpen sind für grosse Anlagen (>50kW) vorgesehen, wo auch eine professionelle Betreuung (z.B. Haustechniker) der Pumpenanlage sichergestellt ist.

Die für den Betrieb einer Grundwasserwärmepumpen-Anlage erforderliche Grundwasserentnahme und -rückgabe ist ein erheblicher Eingriff ins Grundwasserfliesssystem. Ohne genaue, ortsspezifische hydrogeologische Kenntnisse ist es nicht möglich, problematische Situationen vorab zu erkennen. Es ist deshalb generell eine Einzelfallprüfung notwendig. Die Grundwasserwärmepumpen sind aus diesem Grund nur für grosse Anlagen geeignet (gemäss Tabelle 2). Die Machbarkeit einer Grundwasserwärmepumpe hängt auch stark davon ab, welche anderen konkurrierenden Nutzungen bereits bestehen oder geplant sind. Damit bei einem Projekt eine Planungssicherheit gegeben ist, wird empfohlen, die Machbarkeit aus Sicht der konkurrierenden Nutzungen frühzeitig mit dem AUE zu klären.

6.2 Risiken

- Bei unsachgemässen Bau und Betrieb können Wasser gefährdende Stoffe unbemerkt ins Grundwasser gelangen.
- Verschmutztes Grundwasser kann verteilt werden.
- Die für die Wärmenutzung erforderliche Grundwasserentnahme und Grundwasseranreicherung verändern die hydraulischen Verhältnisse im Untergrund. Dadurch können Zuströmbereiche und Ergiebigkeiten von bestehenden Nutzungen beeinflusst werden. Eine Änderung der Zuströmbereiche bestehender Nutzungen kann die Qualität des geförderten Grundwassers beeinträchtigen.
- Eine Änderung des Wärmehaushalts des Untergrunds wirkt sich im Grundwasser besonders weiträumig, und somit stark auf benachbarte Nutzungen aus.
- Eine Änderung des Fliessfelds im Untergrund durch die Grundwassernutzung kann die Auslaugung leicht löslicher Gesteine (Salz, Gips) stark erhöhen (Subrosionsgefahr), oder das Quellen Anhydrit führender Schichten begünstigen.
- Bei einer Entwässerung feinkörniger Lockersedimente durch eine Grundwasserentnahme kann es zu Setzungen an der Oberfläche kommen.

- Bei einer Nutzung von Grundwasser aus tieferen Gesteinsschichten müssen ausserdem die Risiken berücksichtigt werden, die in Zusammenhang mit der Wärmenutzung durch Erdwärmesonden genannt wurden.

6.3 Kriterien

Im Folgenden werden Kriterien genannt, in welchen Gebieten eine Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen A) generell nicht, B) nur mit speziellen Auflagen oder C) mit Standardauflagen möglich ist. Bestehende gesetzliche Vorlagen (GSchG, GSchV) werden dabei berücksichtigt.

Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Kriterien der Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen. Wie bei den geschlossenen Systemen werden Standardauflagen, die immer zu erfüllen sind, und spezielle Auflagen, die nur in bestimmten Situationen zu erfüllen sind, formuliert.

Tabelle 5: Übersicht Standortkriterien Grundwasserwärmepumpen (GWWP).

Erläuterung: Wärmenutzung mittels Grundwasserwärmepumpen A) unzulässig; B) mit speziellen Auflagen möglich; C) mit Standardauflagen möglich.

Standort	Wärmenutzung durch GWWP
Schutzzonen und –areale (S1 – S3)	A)
Belastete Standorte	A)
Grundwasser entspricht nicht Qualitätsanforderungen nach Gewässerschutzverordnung	A)
Gefahr durch Gebirgsquellen, Subrosion	A)
Karstgrundwasserleiter im Zustrom von zu Trinkwasserzwecken genutzten Grundwasservorkommen	A)
Grundwasserstockwerksbau, gespanntes Grundwasser	B)
Rutschgebiete, Gefahr bei Hochwasser	B)
Erdgas oder Ölschiefer	B)
Setzungempfindliche Schichten	B)
Einflussbereich von Mineral- und Thermalquellen	B)
Übrige Gebiete	C)

6.3.1 Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen unzulässig, Gebiet A)

In den unten aufgeführten Gebieten ist eine Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen grundsätzlich nicht möglich:

6.3.1.1 Grundwasserschutzzone und Grundwasserschutzareale (S1-S3)

Ist die Schutzzone S3 nicht ausgeschieden, ist bei Lockergesteinsgrundwasserleitern und homogenen Kluftgrundwasserleitern von der doppelten Ausdehnung der Schutzzone S2 auszugehen. Bei Karstgrundwasserleitern und inhomogenen Kluftgrundwasserleitern ist bei nicht ausgeschiedener Schutzzone S3 der gesamte Zuströmbereich Z_U als solche aufzufassen.

6.3.1.2 Belastete Standorte

Im Kanton Basel-Landschaft gibt es rund 3000 belastete Standorte. Die Besitzer der betroffenen Parzellen wurden alle vom AUE informiert. Bei Unsicherheiten kann der Grundstückbesitzer beim AUE über den altlastenrechtlichen Status seiner Parzelle nachfragen.

6.3.1.3 Grundwasserqualität ungenügend

Eine Wärmenutzung mittels Grundwasserwärmepumpen ist nicht zulässig, wenn das Grundwasser die Qualitätsanforderungen an unterirdische Gewässer entsprechend GSchV Anhang 2, Ziffer 2 nicht erfüllt.

6.3.1.4 Gefahr durch Gebirgsquellen oder Subrosion

Eine Wärmenutzung mittels Grundwasserwärmepumpen ist nicht zulässig, wenn durch den Bau und/oder Betrieb der Anlage Prozesse verstärkt werden könnten, die zu Subrosion (Auslaugung von Schichten mit leicht löslichen Bestandteilen, z. B. Salz, Gips), oder zum Gebirgsquellen (Anhydrit führende Schichten) führen.

Betroffen sind Gebiete, in denen folgende geologische Einheiten im Untergrund vorkommen:

- Gipskeuper (Achtung: Unterscheidung Bunte Mergel – Gipskeuper im Bohrkern oftmals sehr schwierig!)
- Sulfatschichten des Mittleren Muschelkalks

6.3.1.5 Karstgrundwasserleiter in Verbindung mit Trinkwassernutzung

Eine Wärmenutzung mittels Grundwasserwärmepumpen ist nicht zulässig, wenn das zur Nutzung vorgesehene Wasser aus Karstgrundwasserleitern stammt und der Entnahme- oder Rückgabebrunnen der Anlage im unterirdischen Zustrom eines zu Trinkwasserzwecken genutzten Grundwasservorkommens liegt. Potenziell betroffen sind Gebiete, in denen folgende geologische Einheiten im Untergrund vorkommen:

- Kalksteine des Malms (Oxford/Kimmeridge): St.-Ursanne Fm., Vellerat Fm., Courgenay Fm
- Kalksteine des Doggers (Bajoc): Hauptrogenstein Fm.
- Kalk- und Dolomitsteine des Oberen Muschelkalks (Trigonodus-Dolomit, Hauptmuschelkalk) und Dolomitsteine im obersten Bereich des Mittleren Muschelkalks (Dolomitzone)

6.3.2 Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen mit speziellen Auflagen, Gebiet B)

In den folgenden Gebieten ist eine Wärmenutzung mittels Grundwasserwärmepumpen nur mit speziellen Auflagen zulässig.

6.3.2.1 Grundwasserstockwerksbau

Eine Verbindung von Grundwasserstockwerken durch den Bau und/oder Betrieb einer Grundwasserwärmepumpen-Anlage ist nicht zulässig. In Gebieten mit Grundwasserstockwerksbau muss deshalb der Nachweis erbracht werden, dass eine hydraulische Verbindung der Stockwerke durch eine Begrenzung der Bohrtiefe ausgeschlossen werden kann. Gebiete, in denen mit Grundwasserstockwerksbau zu rechnen ist, sind bei den Erdwärmesonden beschrieben.

6.3.2.2 Gespanntes Grundwasser

In Gebieten mit gespanntem Grundwasser muss der Nachweis erbracht werden, dass das Grundwasser nicht unkontrolliert an die Erdoberfläche oder in darüberliegende Grundwasser oder Salz/Gips/Anhydrit führende Schichten fließen kann. Dies wird durch eine Begrenzung der Bohrtiefe erreicht. Das artesisch gespannte Grundwasser darf nicht angebohrt werden.

6.3.2.3 Gefahr bei Hochwasser

In Gebieten mit Überschwemmungsgefahr bei Hochwasser muss der Entnahme- oder Rückgabeburgen so gebaut werden, dass auch bei einem 100-jährigen Hochwasser kein Oberflächenwasser in die Brunnen gelangen kann. Die Überschwemmungsgebiete sind in der Gefahrenhinweiskarte des Kantons dargestellt.

6.3.2.4 Erdgas oder Ölschiefer

Werden beim Bohrvorgang Erdgas oder Ölschiefer führende Schichten angetroffen, ist eine Wärmenutzung mittels Grundwasserwärmepumpen nur dann zulässig, wenn eine Gefährdung des Grundwassers, der Umwelt und der Anlage ausgeschlossen werden kann. Dies ist durch ein entsprechendes Gutachten nachzuweisen. Eine Recherche im Baugrundarchiv BL ergab keine Hinweise auf Gefährdungen durch Gasaustritte und Ölschiefer. Dennoch können diese Gefährdungen nicht generell ausgeschlossen werden. Das Auftreten von Ölschiefern ist z. B. in bestimmten Schichten des Lias (Posidonienschiefer) und auch des Tertiärs (Streifige Mergel) möglich.

6.3.2.5 Rutschgebiete

In Gebieten, die in der Gefahrenhinweiskarte des Kantons als Rutschgebiete gekennzeichnet sind, muss der Nachweis erbracht werden, dass ein sicherer Bau und Betrieb einer Grundwasserwärmepumpen-Anlage möglich ist.

6.3.2.6 Setzungsempfindliche Schichten

In Gebieten mit setzungsempfindlichen Schichten muss der Nachweis erbracht werden, dass die Entnahme von Grundwasser nicht zu Setzungen an der Oberfläche führt, die die Anlage oder andere Bauwerke schädigen können. Als setzungsempfindliche Schichten sind insbesondere

feinkörnige Lockersedimente des Quartärs und Tertiärs zu betrachten.

6.3.2.7 Einflussbereich von Mineral- oder Thermalquellen

Im Einflussbereich von Mineral- oder Thermalquellen muss der Nachweis erbracht werden, dass eine thermische, quantitative oder qualitative Beeinflussung der Mineral- oder Thermalquellen durch die geplante Wärmenutzung ausgeschlossen werden kann. Als Einflussbereich wird zunächst das Gebiet verstanden, das, falls das Grundwasser als Trinkwasser genutzt werden würde, entsprechend der Wegleitung Grundwasserschutz (BUWAL, 2004) als Schutzzone (S1 bis S3) ausgeschieden würde. Es können jedoch auch Umstände vorhanden sein, die eine andere Definition des Einflussbereiches notwendig machen.

6.3.3 Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen mit Standardauflagen, Gebiet C)

An Standorten ausserhalb der Gebiete A) oder B), ist eine Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen mit Standardauflagen möglich. Es ist jedoch auch hier ein hydrogeologischer Bericht erforderlich. Aus diesem muss hervorgehen, dass keine hydrogeologische Situation vorliegt, in der die Wärmenutzung mittels Grundwasserwärmepumpen unzulässig ist, oder die spezielle Auflagen erforderlich macht.

6.4 Auflagen

In diesem Kapitel werden nur die Standardauflagen aufgelistet, die zur Bewilligung einer Wärmenutzung durch Grundwasserwärmepumpen zu erfüllen sind. Spezielle Auflagen ergeben sich standortspezifisch aus den hydrogeologischen Situationen und werden im Einzelfall festgelegt.

6.4.1 Standardauflagen für Grundwasserwärmepumpen

6.4.1.1 Planungs- und Bauphase

1. Es gelten die kantonalen Bestimmungen in Zusammenhang mit der Bewilligung einer Sondierbohrung sowie mit der Konzessionserteilung für Grundwasserentnahmen. Die Konzession darf erst erteilt werden, wenn der Brunnen erfolgreich gebaut wurde.
2. Die Wasserentnahme hat über einen dichten Kopfschacht mit folgenden Mindestmassen zu erfolgen:
 - a) Durchmesser: 1.0 m
 - b) Tiefe: 1.5 m
 - c) Überstand gegenüber umliegendem Gelände: 0.3 m – oder Einbau eines dichten Deckels.
3. Der Kopfschacht ist mit einem verschliessbaren Deckel und mit einem dichten Boden mit Pump- und Reinigungssumpf auszurüsten. Die Zu- und Wegleitungen sind mit dichten Manschetten durch den Schachtboden zu führen. Der Filterbrunnen hat aus PVC oder ähnlichen trinkwasserkonformen Materialien zu bestehen.
4. Die Wasserrückgabe muss über eine separate Anlage (Sickerschacht, Sickergalerie oder Schluckbrunnen) erfolgen, dabei sind folgende Prioritäten zu berücksichtigen:

1. Diffuse Versickerung im ungesättigten Bereich unterhalb der Dickschicht (Sickergalerie)
 2. Punktuelle Versickerung im ungesättigten Bereich unterhalb der Dickschicht (Sickerschacht)
 3. Direkte Versickerung im gesättigten Bereich unterhalb der Dickschicht (Schluckbrunnen)
5. Schachtkonstruktionen sind – sinngemäss – unter Berücksichtigung der unter Punkt 1 aufgeführten Vorgaben auszuführen.
 6. Das genutzte Wasser ist vollständig und unverschmutzt in denselben Grundwasserleiter zurückzugeben, aus dem es entnommen wurde. Ist dies nicht möglich, muss im Einzelfall geprüft werden, ob eine Rückgabe in einen Vorfluter zulässig ist. Die Bestimmungen des Gewässerschutzes sind einzuhalten.
 7. Es darf kein Meteorwasser in die Rückgabeeinrichtung eingeleitet werden. Vorbehalten bleiben abweichende besondere Konzessionsbestimmungen.
 8. Die Schächte müssen für die periodisch durchzuführenden Kontrollen immer zugänglich sein.
 9. Als Wasserförderpumpen sind nur Fabrikate mit Wasserschmierung zulässig.
 10. Das Gesamtsystem Wasserentnahme/Wasserrückgabe muss geschlossen sein. Das Grundwasser darf nicht direkt in den Verdampfertauscher geführt werden, sondern muss über einen Wärmetauscher und einen zweiten Wasserkreislauf vom Verdampfertauscher getrennt sein.
 11. Der hydraulische und thermische Einfluss einer Grundwasserwärmepumpen-Anlage auf das Grundwasser muss durch geeignete Modellrechnungen abgeschätzt werden. Dabei muss das gesamte Grundwassersystem berücksichtigt werden. Wenn eine „einfache“ hydrogeologische Situation vorliegt, kann eine solche Simulation bei Anlagen mit bis 10 l/s maximale GW-Entnahme zunächst mit einfachen Mitteln umgesetzt werden (z. B. mit GED, BFE 2006). Eine „einfache“ hydrogeologische Situation liegt vor, wenn der Grundwasserleiter ungespannt und ein Lockergestein ist. Zeigt die Simulation, dass eine Beeinträchtigung bestehender Nutzungen nicht ausgeschlossen werden kann, sind anspruchsvollere Simulationen mit einem Grundwassermodell (numerisches Strömungs- und Transportmodell, z. B. FEFLOW, MODFLOW/MT3DMS, etc.) erforderlich. Dies gilt ebenso in „komplexen“ hydrogeologischen Situationen sowie bei einer hohen Anzahl/Dichte der bestehenden Grundwasser- und Wärmenutzungen. Um der Dynamik komplexer Systeme gerecht zu werden, muss die Simulation der Hydraulik instationär erfolgen. Die Simulation der thermischen Grundwasserbeeinflussung kann stationär erfolgen, da sich thermische Änderungen längerfristig auswirken. Wie "einfache" und "komplexe" Situationen besser zu definieren sind, ob weitere Kriterien für den Umfang einer Simulation herangezogen werden müssen, wie der thermische Referenzzustand eines Grundwasserleiters ermittelt werden kann, und wie die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten thermischen Nutzungen zu bewerten sind, soll durch die geplanten Pilotstudien zur Grundwasser- und Wärmebewirtschaftung (vgl. Kap. 7) gezeigt werden.
 12. Grundlage für die Prüfung einer Bewilligung einer Grundwasser-Wärmenutzungsanlage ist ein hydrogeologischer Bericht. Dabei sind geologische Schichtlagerung, Ausdehnung, Mächtigkeit, Durchlässigkeit und Ergiebigkeit des Grundwasserleiters, hydraulische

Druckhöhe sowie die Temperaturanglinie, die Fliessrichtung, die Fliessgeschwindigkeit und der Chemismus des Grundwassers zu beschreiben. Auch sind mögliche Auswirkungen auf benachbarte Anlagen abzuklären. Dazu sind die durchgeführten Modellrechnungen zur Beurteilung der hydraulischen und thermischen Beeinflussung des Grundwassers durch die Grundwasserwärmepumpen-Anlage darzustellen.

13. Wird beim Bau der Brunnen unerwartet eine Situation vorgefunden, die Einfluss auf die Genehmigung der Grundwasserwärmepumpen-Anlage hat (artesisch gespanntes oder stark mineralisiertes Grundwasser, Erdgaszutritte, Ölschiefer, Salz/Gips/Anhydrit führende Schichten), sind sofort:
- a) die Arbeiten zur Erstellung der Brunnen zu unterbrechen;
 - b) das AUE unverzüglich zu informieren;
 - c) geeignete Massnahmen zu ergreifen, die eine Gefährdung des Grundwassers und der Umwelt verhindern

Das AUE überprüft in diesem Fall, ob eine Grundwasserwärmepumpen-Anlage unter Berücksichtigung der angetroffenen Verhältnisse genehmigt werden kann. Besteht eine Gefährdung der Umwelt, des Trinkwassers oder der Rechte Dritter kann das AUE die Bewilligung für die Wärmenutzung widerrufen.

14. Die planmässige und erfolgreiche Ausführung muss im Anschluss an die Installation bestätigt und dokumentiert werden (Qualitätssicherung). Dies beinhaltet die Lage (Lageplan, Koordinaten und Höhe des Bohransatzpunktes in m ü. M.), Tiefe und den Ausbau der Entnahme- und Rückgabeburgen. Es sind Angaben zu allen durchgeführten hydrogeologischen Untersuchungen (z. B. Pumpversuche usw.) zu machen. Etwaige Abweichungen von der geplanten Ausführung sind darzustellen. Die Bestätigung und Dokumentation ist der kantonalen Fachstelle zur Archivierung auszuhändigen.
15. Die Erstellung von Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln in Geschäftsbauten oder im gewerblich-industriellen Bereich ist gemäss Anhang 2.10 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung bewilligungspflichtig. Das entsprechende Gesuch um Bewilligung einer Wärmepumpe ist dem AUE vorgängig einzureichen.

6.4.1.2 Betriebsphase

16. Die Temperatur des Grundwassers darf durch Wärmeeintrag oder Wärmeentzug gegenüber dem natürlichen Zustand um höchstens 3 Grad verändert werden. Im unmittelbaren Umkreis von maximal 100 Metern darf diese Veränderung mehr als 3 Grad betragen. Dabei ist das Gesamtsystem aller Wärmenutzungen des Grundwasserleiters zu berücksichtigen. Ausserdem dürfen bestehende Nutzungen weder thermisch noch hydraulisch beeinträchtigt werden. Als Richtwert für eine thermische Beeinträchtigung gilt eine Temperaturänderung $\Delta > 1^\circ\text{C}$ gegenüber dem Ist-Zustand am Standort bestehender Nutzungen. Eine hydraulische Beeinträchtigung besteht, wenn die Ergiebigkeit bestehender Brunnen verringert wird, oder wenn bei Trinkwasserbrunnen der Zuströmbereich derart beeinflusst wird, dass eine Verschlechterung der geförderten Rohwasserqualität zu befürchten ist.
17. Die zu Heiz- oder Kühlzwecken entnommenen monatlichen Wassermengen sind dem AUE jährlich zu melden. Die Grundwassernutzungsgebühr ist gemäss den kantonalen Bestimmungen zu bezahlen.

18. Für Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln gelten die Vorschriften gemäss Anhang 2.10 der ChemRRV (Meldung der Inbetriebnahme, periodische Dichtigkeitskontrolle, Führung eines Wartungsheftes).

6.4.1.3 Stilllegung

19. Bei der Stilllegung einer Grundwasserwärmenutzungsanlage sind die Förderbrunnen und der Versickerungsschacht fachgerecht zu verfüllen. Die ordnungsgemässe Stilllegung ist dem AUE vorgängig zu melden.
20. Die Ausserbetriebnahme von Wärmepumpen mit mehr als 3 kg in der Luft stabilen Kältemitteln untersteht der Meldepflicht gemäss Anhang 2.10 der ChemRRV

6.4.1.4 Regenerierung von Grundwasserbrunnen

21. Die Regenerierung von Grundwasserbrunnen benötigt dann eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung, wenn Chemikalien zum Einsatz kommen.

7 Ausblick auf geplante Vollzugsinstrumente

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Vollzugsinstrumente haben provisorischen Charakter. Sie sollen lediglich aufzeigen, wie der Kanton die geologischen Informationen zur Erstellung von Erdwärmesonden einfacher zugänglich machen will und mit welchen Modellen Temperaturfahnen im Grundwasser berechnet werden können.

7.1 GIS-basierte Wärmenutzungskarte

Die Kriterien für eine Wärmenutzung aus dem Untergrund können mit Hilfe einer GIS-basierten Wärmenutzungskarte flächenhaft dargestellt werden. Es können tabellarisch Flächenbeschreibungen mit Gebietsinformationen gegeben werden, die für ein Bewilligungsverfahren relevant sind, und die insbesondere auch tiefenspezifische Geo-Informationen enthalten können. Abbildung 6 zeigt beispielhaft eine solche Flächenbeschreibung. Durch die Karte und Flächenbeschreibungen wird für den Nutzer und die zuständigen Behörden schnell und konkret ersichtlich, ob an einem Standort eine Wärmenutzung zulässig ist, welche Auflagen allenfalls erfüllt werden müssen und welche Systeme zur Wärmenutzung möglich sind. Die GIS-basierte Wärmenutzungskarte ist somit ein effektives Vollzugsinstrument für die behördliche Praxis. Im Folgenden werden mögliche Gebietskategorien skizziert. Ein Pilotprojekt, das die Anwendung der Wärmenutzungskarte in der Praxis beispielhaft vorgibt, wird im 2009 begonnen.

In der GIS-basierten Wärmenutzungskarte können drei Gebietskategorien unterschieden und farblich gekennzeichnet werden:

Grüne Flächen kennzeichnen Gebiete ohne nutzbare Grundwasservorkommen, in denen eine Wärmenutzung durch geschlossene Systeme, z. B. durch Erdwärmesonden, erfolgen kann. Eine Bewilligung für geschlossene Systeme ist mit Standardauflagen möglich.

Gelbe Flächen kennzeichnen ebenfalls Gebiete ohne nutzbare Grundwasservorkommen, in denen eine Wärmenutzung durch geschlossene Systeme erfolgen kann. Eine Bewilligung für geschlossene Systeme ist hier jedoch nur mit speziellen Auflagen möglich und erfordert ein spezielles hydrogeologisches und/oder technisches Gutachten. Hinweise auf die speziellen Auflagen und Anforderungen an das Gutachten werden in der tabellarischen Flächenbeschreibung angegeben (vgl. Abbildung 6). Dort finden sich auch bekannte Informationen zur geologischen Situation (z. B. zu Schichten im Untergrund, in die nicht hineingebohrt werden darf und die deshalb die zugelassene Sondentiefe begrenzen) und zur vorhandenen Datengrundlage.

Fläche	<Flächennummer>, <Gemeinde>, <Lagebeschreibung>
Hydrogeologische Übersicht	<p>Im Untergrund stehen mächtige, überwiegend schlecht durchlässige Gesteine des Tertiärs an, die kein Grundwasser führen (Siderolithikum bis Cyrenenmergel). Die Schichtlagerung ist ungefähr horizontal. Rund 100 m östlich der Fläche befindet sich die Allschwiler Bruchzone.</p> <p>Unterhalb der Tertiären Schichten lagern Kalksteine des Jura. In diesen Gesteinen muss mit Grundwasser gerechnet werden, das auch artesisch gespannt sein kann. Die obere Grenze der Jurakalksteine ist in einer</p>

	Tiefe von ca. 320 m zu erwarten.
Datengrundlage	Geologische Karte Blatt 1047 Basel; Bohrung BL XY; P. Christ: Die Bohrung von Allschwil bei Basel, in: Die Bohrungen von Buix bei Pruntrut und Allschwil bei Basel, Beitr. Geol. der Schweiz, geotechnische Serie, X. Liefg., 1924.
Nutzung und Bewilligung	Eine Nutzung ist nur durch geschlossene Systeme möglich. Zur Bewilligung ist ein hydrogeologisches Gutachten erforderlich. Eine Bewilligung wird nur mit speziellen Auflagen erteilt. Die Auflagen müssen sicherstellen, dass die potenziell Grundwasser führenden Kalksteine des Jura nicht von der angestrebten Wärmenutzung betroffen sind (nutzbares Grundwasser ausserhalb Siedlungsgebiet). Dies wird durch eine Begrenzung der Bohrtiefe erreicht. Die maximal zulässige Bohrtiefe ist durch ein hydrogeologisches Gutachten zu ermitteln.

Abbildung 6: Hypothetisches Beispiel für tabellarische Flächenbeschreibung (gelbe Fläche).

Rote Flächen kennzeichnen Gebiete, in denen eine Wärmenutzung aus dem Untergrund generell unzulässig ist. Ausnahme: Erdregister (ohne Direktverdampfersysteme), Wärmekörbe und Energiepfähle sind in der Schutzzone S3 mit speziellen Auflagen möglich, soweit ein Abstand von mindestens 2 m zum maximal möglichen Grundwasserstand eingehalten werden kann. Auf Verlangen ist der maximal möglich Grundwasserstand durch ein hydrogeologisches Gutachten zu spezifizieren.

7.2 Prozessorientierte Untersuchungen zur Wärme- und Grundwasserbewirtschaftung

In Gebieten mit nutzbarem Grundwasservorkommen werden immer häufiger Grundwasserwärmepumpen zu Heiz- oder Kühlzwecken errichtet. Bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen zeichnen sich solche Anlagen durch eine hohe Effizienz bei relativ geringen Erstellungskosten gegenüber Erdwärmesonden aus. Die Grundwasserentnahme und die anschliessend notwendige Rückführung des thermisch genutzten Wassers können jedoch zu hydraulisch, thermisch und hydrochemisch komplexen Reaktionen im Grundwasser und deshalb auch zu Problemen führen. Deshalb kann eine Nutzung durch geschlossene Systeme unter Umständen vorteilhaft sein. Jedoch hat auch diese Art der Wärmenutzung Auswirkungen auf das Grundwasser. Die Beeinflussung des Grundwassers durch ein konkretes Vorhaben kann durch eine prozessorientierte Modellierung der hydrogeologischen Verhältnisse abgeschätzt werden. Bei geringer Komplexität der Grundwasserverhältnisse und kleineren Anlagen kann ein einfaches Simulationswerkzeug, z. B. GED (Groundwater Energy Designer, BFE, 2006), zur Anwendung kommen. Als Ergebnis einer solchen Simulation kann die Ausdehnung der thermischen Veränderung im Grundwasser (Wärme- oder Kältefahne, Abbildung 7 links) abgeschätzt werden. Bei hoher Komplexität der Grundwasserverhältnisse, grösseren Anlagen oder einer hohen Dichte von verschiedenen Nutzungen ist die Anwendung numerischer Strömungs- und Transportmodelle (z. B. MODFLOW/MT3DMS, FEFLOW, etc.) erforderlich (instationäre Grundwassermodellierung, Abbildung 7 rechts).

Ein Pilotprojekt, das die Anwendung prozessorientierter Untersuchungen zur Wärme- und

Grundwasserbewirtschaftung in der Praxis beispielhaft vorgibt wird im 2009 begonnen. Darin soll gezeigt werden, wie in Gebieten mit nutzbaren Grundwasservorkommen Auswirkungen einer Wärmenutzung auf das Grundwasser und auf bestehende Nutzungen bewertet werden können. Insbesondere können in den Pilotstudien auch folgende Fragestellungen bearbeitet werden:

- Wie wirken sich verschiedene Parameter (z. B. Durchlässigkeit und Porosität des Grundwasserleiters, Grundwassergradient, Dauer der Grundwasserentnahme, Wärmeentzugsleistung der Anlage, usw.) auf die Wärme- oder Kältefahne aus?
- Wie wird ein Grundwasserleiter gesamthaft durch vorhandene und geplante Wärmenutzungsanlagen beeinflusst?
- Wie ist die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten thermischen Nutzungen zu ermitteln und zu bewerten?
- Wie sind "einfache" und "komplexe" Situationen besser zu definieren?
- Müssen weitere Kriterien für den Umfang einer Simulation herangezogen werden?
- Wie kann der thermische Referenzzustand eines Grundwasserleiters ermittelt werden?
- Welche Daten müssen für eine geeignete Modellierung vorhanden sein?

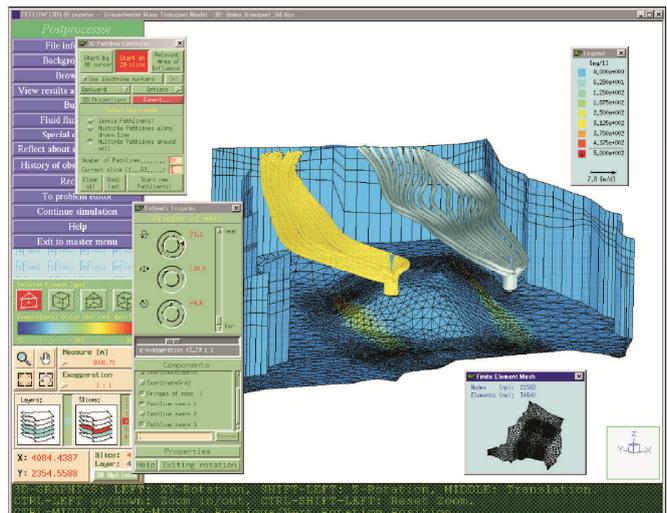
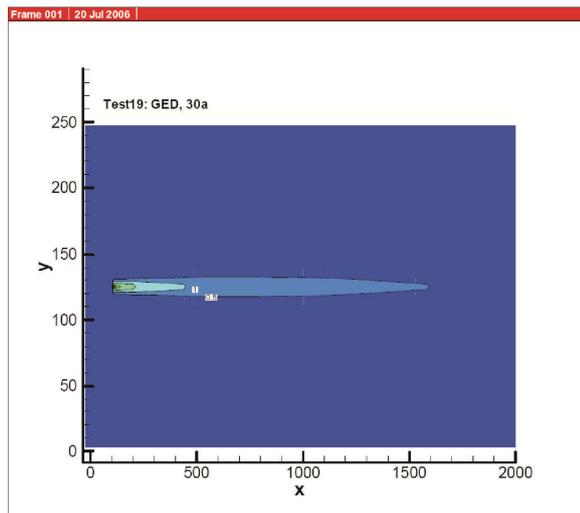


Abbildung 7: Beispiele für modellhafte Beschreibung von Grundwassersystemen.

Links: Ausdehnung einer Kältefahne im Grundwasser berechnet mit GED (aus: BFE, 2006).
 Rechts: Instationäre Grundwassermodellierung mit FEFLOW (aus: Diersch, 2005).

8 Verzeichnisse

8.1 Literatur

- BAFU (2009): Bewilligung von Anlagen mit der Luft stabilen Kältemitteln. Wegleitung betreffend Bewilligungspflicht bei mehr als 3kg in der Luft stabilen Kältemitteln. Umwelt-Vollzug 15/09, 2. aktualisierte Auflage. Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- BAFU (2009b): Vollzugshilfe Wärmenutzung aus Boden und Untergrund. Umwelt-Vollzug 10/09. Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- BAFU (2006): Wegleitung betreffend stationäre Anlagen und Geräte mit Kältemitteln. Wartungsheft, Dichtigkeitskontrolle, Meldepflicht. Umwelt-Vollzug 15/06, 2. aktualisierte Auflage. Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern.
- BFE (2006): Groundwater Energy Designer (GED) – Computergestütztes Auslegungstool zur Wärme- und Kältenutzung von Grundwasser. Schlussbericht November 2006, ausgearbeitet durch Joachim Poppei, Gerhard Mayer, Rainer Schwarz, Colenco Power Engineering AG, Baden.
- BUWAL (2004): Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- BUWAL (1999): Tankanlagen, Regeln der Technik. Liste der klassierten Flüssigkeiten nach Artikel 3 der Verordnung vom 1. Juli 1998 über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF). Vollzugshilfe, Stand 1. Juni 1999. *Diese Vollzugshilfe entspricht dem Stand der Technik, auch wenn die VWF aufgehoben worden ist.*
Internet: <http://www.bafu.admin.ch/tankanlagen/04774/index.html?lang=en>
- BUWAL (1999): Vollzug Umwelt, Tankanlagen. Richtlinie für Rohrleitungen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern
- Clauser, C., Bartels, J. (2003): Numerical simulation of reactive flow in hot aquifers: SHEMAT and Processing SHEMAT. Springer, Berlin-Heidelberg.
- Diersch, H.-J. G. (ed.) (2005): FEFLOW Finite Element Subsurface Flow and Transport Simulation System – Reference manual. WASY Institute for Water Resources Planning and Systems Research, Berlin.
- Hähnlein, S., Molina, N., Blum, P., Bayer, P., Grathwohl, P. (in Revision): Ausbreitung von Kältefahnen im Grundwasser bei Erdwärmesonden.. Grundwasser.
- KVU (2008): Vollzugshilfen Tankanlagen. Schemenblätter L1-I4 Rohrleitungen. Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz.
Internet: http://www.kvu.ch/d_kv_u_projekte.cfm?Projects.Command=details&get=187
- SIA (in Bearbeitung): Norm SIA 384/6, Erdwärmesonden. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich.

8.2 Beilagen

- Beilage 1: Stratigraphische Tabelle der Region Basel mit Hinweisen zur Wärmenutzung aus dem Untergrund mit Erdwärmesonden.

Beilage 1

Stratigraphische Tabelle der Region Basel mit Hinweisen zur Wärmenutzung aus dem Untergrund. Stratigraphie und Mächtigkeitstangenben nach Hermann Fischer 1969, Regio Basiliensis, Heft X/2, mit Erläuterungen auf S. 234-238.

In geologischer Einheit ist EWS

- A) nicht zulässig
- B) mit speziellen Auflagen
- C) mit Standardauflagen

*) nur sandige Fazies bei grosser Mächtigkeit

System o. Serie	Stufe oder Formation	typische Mächtigkeit (m)	Fall	(regionaler) Grundwasser-Leiter	Weitere Eigenschaften	Bemerkungen
Quartär		variabel	B)	nur Schotter		
	Pliozän	bis 60	B)	nur Schotter		
Tertiär	Miozän	bis 180	B)	nur Juranagefluh		
		bis 25	C)			
	Oligozän	bis 510	B)	teilw. Elsasserr Molasse*	Grundgips-Sch der Tüllinger-Sch. ev. Elsasserr Molasse potentiell stark mineralisiertes GW	
		bis 380	B)	Meeressand, teilw. Meiletta-Schichten*		
Eozän u. Paläozän	Bunte Mergel (Haustein)	bis 100	C)			
	Streifige Mergel	bis 200	C)			
		bis 50	C)			
Malm	Kalksteine des Malm (Cologny, Jorat, St.-Jünger-Fm.)	bis 290-350	A) B)		Potenzial verkarstet	Keine Bohrung wenn die Schichten deutlich wasserführend sind. Abbruch der Bohrung wenn beim Bohrvorgang deutliche Spuhverluste resp. Druckabfälle festgestellt werden.
	Oxford-Mergel (Liesberg-Sch./Terrain à Ch./Rengger-Tone bzw. Effinger-Sch./Birmenstorf-Sch.)	bis 80-160	C)			
Dogger	"Oberer Dogger" (Anceps-Athleta-Sch. bis Ferrugineus-Oolith)	20-70	C)			
	Hauptrogenstein-Fm.	75-150	A) B)		Potenzial verkarstet	Keine Bohrung wenn die Schichten deutlich wasserführend sind. Abbruch der Bohrung, wenn beim Bohrvorgang deutliche Spuhverluste resp. Druckabfälle festgestellt werden.
Lias	"Unterer Dogger" (Blegden-Sch. bis Murchisonae-Sch.)	25-105	C)			
	Opalinuston-Fm.	70-150	C)			
Keuper		15-60	B)			
	Rhät	0-5	C)		Ölschiefer führende Bereiche im Positionenschiefer möglich	
	Oberer Bunte Mergel	10-40	C)			
	Gansinger Dolomit	5-15	C)			
Muschelkalk	Untere Bunte Mergel	0-15	C)			
	Schiffsandstein-Gruppe	0-20	B)			
	Gipskeuper	60-150	A)		Anhydrit führende und lösliche Bestandteile (Salz, Gips)	Im Au keine Bohrung. Im ÜB Hinweis auf die geologischen Risiken und Haftungsausschluss.
	Lettenkohle	0-10	C)			
Bunt-sandstein Grundgebirge (inkl. Permokarbon)	Trigonodus-Dolomit (Oberer Muschelkalk)	20-25	A)		Potenzial verkarstet. Potenziell stark mineralisiertes GW	
	Hauptmuschelkalk (Oberer Muschelkalk)	35-55	A)		Potenzial verkarstet. Potenziell stark mineralisiertes GW	
	Anhydritgruppe (Mittlerer Muschelkalk)	45-130	A)	nur Dolomitzone	Anhydrit führende und lösliche Bestandteile (Salz, Gips). Nur in Dolomitzone potenziell verkarstet und potenziell stark mineralisiertes GW	Im Au keine Bohrung. Im ÜB Hinweis auf die geologischen Risiken und Haftungsausschluss.
	Wellengebirge (Unterer Muschelkalk)	35-45	C)			
		25-100	B)	nicht Röt		
			C)			