

10
|
09

> Wärmenutzung aus Boden und Untergrund

Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute im Bereich Erdwärmennutzung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

10
—
09

> Wärmenutzung aus Boden und Untergrund

*Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute im
Bereich Erdwärmennutzung*

Rechtlicher Stellenwert dieser Publikation

Diese Publikation ist eine Vollzugshilfe des BAFU als Aufsichtsbehörde und richtet sich primär an die Vollzugsbehörden. Sie konkretisiert unbestimmte Rechtsbegriffe von Gesetzen und Verordnungen und soll eine einheitliche Vollzugspraxis fördern. Berücksichtigen die Vollzugsbehörden diese Vollzugshilfen, so können sie davon ausgehen, dass sie das Bundesrecht rechtskonform vollziehen; andere Lösungen sind aber auch zulässig, sofern sie rechtskonform sind. Das BAFU veröffentlicht solche Vollzugshilfen (bisher oft auch als Richtlinien, Wegleitungen, Empfehlungen, Handbücher, Praxishilfen u.ä. bezeichnet) in seiner Reihe «Umwelt-Vollzug».

Impressum

Herausgeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autor

Walter J. Eugster*, Polydynamics Engineering, Zürich, Vertreter Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)

Begleitende Arbeitsgruppe

Riccardo Bernasconi, Büro Dr. R. Bernasconi, Sargans; Daniele Biaggi, Geotechnisches Institut, Bern; Hanspeter Gehring, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Zürich; Steve Hofer*, Frutiger AG Tiefbohrungen, Uetendorf; Eduard Jakob, Abteilung für Umwelt, Aarau; Paul-Otto Lutz, Amt für Umwelt, Herisau; Andreas Märki, Eberhard & Partner AG, Aarau°; Michel Marrel, Service des Eaux, Sols, et Assainissement (SESA), Lausanne; Benjamin Meylan, Bundesamt für Umwelt, Bern; Fabrice Rognon, Bundesamt für Energie, Bern; Marc Schürch, Bundesamt für Umwelt, Bern; Marc Wenger, B-I-G, Gümligen*; Frédéric Zuber, DUS, Sitten (* Vertreter Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), ° Vertreter Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG)).

Begleitung BAFU

Sektion Grundwasserschutz

Zitervorschlag

BAFU 2009: Wärmenutzung aus Boden und Untergrund. Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute im Bereich Erdwärmenutzung. Umwelt-Vollzug Nr. 0910. Bundesamt für Umwelt, Bern. 51 S.

Gestaltung

Ursula Nöthiger, Uerkheim

Titelfoto

Benjamin Meylan, BAFU

Bezug

BAFU
Verlagsauslieferung
CH-3003 Bern
Fax +41 (0) 31 324 02 16
docu@bafu.admin.ch
www.umwelt-schweiz.ch/uv-0910-d

Bestellnummer: UV-0910-D

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache erhältlich (UV-0910-F).

© BAFU 2009

> Inhalt

Abstracts	5	5	Grundwasserwärmenutzung	20	
Vorwort	7	5.1	Problematik der Grundwasserwärmenutzung im Hinblick auf den Gewässerschutz	20	
Einleitung	8	5.2	Standortbeurteilung	20	
<hr/>		5.2.1	Gebiete, in denen Grundwasserwärmenutzungen grundsätzlich zugelassen sind (Bewilligung mit Standardauflagen)	20	
1	Regelungsbereich und Rechtsgrundlagen	9	5.2.2	Gebiete, in denen Grundwasserwärmenutzungen mit spezifischen Auflagen zugelassen werden können	20
1.1	Regelungsbereich	9	5.2.3	Gebiete, in denen Grundwasserwärmenutzungen nicht zugelassen sind	21
1.2	Rechtsgrundlagen	9	5.3	Allgemeine Auflagen für Grundwasserwärmenutzungen (Standardauflagen)	21
<hr/>		5.4	Spezifische Auflagen	23	
2	Zulässigkeiten und Empfehlungen	11	<hr/>		
2.1	Zulässigkeiten	11	Anhang	24	
2.2	Empfehlungen	12	A1	Systembeschreibung	24
<hr/>		A2		Schemata	31
3	Erdwärmesonden	13	A3	Gesuchsformulare	33
3.1	Problematik von Erdwärmesonden im Hinblick auf den Gewässerschutz	13	A4	Protokolle	41
3.2	Standortbeurteilung	13	A5	Hinweise an die Bauherrschaft	45
3.2.1	Gebiete, in denen Erdwärmesonden grundsätzlich zugelassen sind (Bewilligung mit Standardauflagen)	13	A6	Liste der Wärmeträgerflüssigkeiten	46
3.2.2	Gebiete, in denen Erdwärmesonden mit spezifischen Auflagen zugelassen werden können	13	A7	Anforderungen an die Hinterfüllung von Erdwärmesonden	47
3.2.3	Gebiete, in denen Erdwärmesonden nicht zugelassen sind	14	A8	Empfehlungen zum Bewilligungsverfahren	48
3.3	Allgemeine Auflagen für Erdwärmesonden (Standardauflagen)	15	<hr/>		
3.4	Spezifische Auflagen	17	Verzeichnisse	50	
<hr/>		Glossar		50	
4	Erdregister, Wärmekörbe, Energiepfähle	18	Abbildungen	50	
4.1	Problematik von Erdregistern, Wärmekörben sowie Energiepfählen und ähnlichen thermoaktiven Elementen im Hinblick auf den Gewässerschutz	18	Tabellen	50	
4.2	Standortbeurteilung	18	Literatur	51	
4.3	Anforderungen	19			

> Abstracts

The Federal Government's implementation tool "Use of heat from soil and subsoil" is intended to ensure harmonisation of the approval practice for geothermal heat probes, groundwater heat pumps, soil recorders and geothermal energy cages and piles in Switzerland. It also defines the necessary conservation measures on the basis of ambient water protection legislation. This implementation tool does not cover deep geothermal bores because their approval must be considered on an individual basis. This implementation tool is primarily intended for the implementation authorities and specialists in geothermal energy use, but also for potential constructors.

Keywords:
borehole heat exchangers
groundwater heat pumps
horizontal loops
spiral ground heat exchangers
energy piles

Die Vollzugshilfe des Bundes «Wärmenutzung aus Boden und Untergrund» soll die Harmonisierung der Bewilligungspraxis für Erdwärmesonden, Grundwasserwärmepumpen, Erdregister, Erdwärmekörbe und Energiepfähle in der Schweiz sicherstellen. Zudem legt sie, gestützt auf die Gewässerschutzgesetzgebung, die erforderlichen Schutzmassnahmen fest. Nicht Gegenstand dieser Vollzugshilfe sind die tiefen Geothermiebohrungen, da deren Bewilligung individuell geprüft werden muss. Die Vollzugshilfe richtet sich primär an die Vollzugsbehörde und an Fachleute im Bereich Erdwärmenutzung aber auch an potenzielle Bauherrschaften.

Stichwörter:
Erdwärmesonde
Grundwasserwärmenutzung
Erdregister
Wärmekörbe
Energiepfähle

L'aide à l'exécution «Exploitation de la chaleur tirée du sol et du sous-sol» vise à harmoniser l'octroi d'autorisations en faveur de sondes géothermiques, pompes à chaleur eau-eau, circuits enterrés, corbeilles géothermiques et pieux énergétiques en Suisse. Elle fixe également les mesures de protection à mettre en œuvre en vertu de la législation sur la protection des eaux. Mais elle ne porte pas sur la géothermie à grande profondeur, dont l'autorisation requiert un examen au cas par cas. Cette aide à l'exécution est destinée en premier lieu aux autorités d'exécution et aux spécialistes de l'énergie géothermique, ainsi qu'aux maîtres d'ouvrages intéressés.

Mots-clés:
sonde géothermique
pompe à chaleur eau-eau
circuits enterrés
corbeilles géothermiques
pieux énergétiques

L'obiettivo dell'aiuto all'esecuzione «Utilizzo del calore del suolo e del sottosuolo», pubblicato dalla Confederazione, è l'armonizzazione della procedura di autorizzazione per sonde geotermiche, pompe di calore geotermiche, circuiti interrati, canestri geotermici e pali energetici in Svizzera. Definisce inoltre le misure di protezione necessarie secondo la legge sulla protezione delle acque. Non sono oggetto di questo aiuto le perforazioni geotermiche di profondità, in quanto la relativa autorizzazione deve essere esaminata caso per caso. L'aiuto all'esecuzione è destinato in primo luogo alle autorità esecutive e agli specialisti del settore dell'energia geotermica nonché a potenziali committenti.

Parole chiave:
sonda geotermica,
pompa di calore
geotermica,
circuito interrato,
canestro geotermico,
palo energetico

> Vorwort

Energiegewinnung aus einer erneuerbaren Energiequelle, wie sie auch die Erdwärme darstellt, hat einen hohen Wert für den Schutz unserer Umwelt. Durch die Nutzung solcher Energiequellen werden weniger fossile, also nicht erneuerbare Energiequellen wie Erdöl oder Erdgas, verbraucht. Dadurch wird auch eine Reduktion der damit verbundenen CO₂-Emission erreicht.

Obwohl die Bedeutung der Erdwärmenutzung aus umweltpolitischer Sicht unbestritten ist, müssen beim Bau und Betrieb solcher Anlagen auch andere öffentliche Interessen berücksichtigt werden. Die Nutzung der Erdwärme kann eine gewisse Gefährdung für die Umwelt im Allgemeinen und für das Grundwasser im Besonderen darstellen. Die Anliegen des Grundwasserschutzes und im Speziellen der Trinkwassernutzung sind daher besonders zu berücksichtigen. Die vorliegende Vollzugshilfe erläutert, wie in der Praxis – in Anwendung der entsprechenden Bestimmungen der Gewässerschutzgesetzgebung – die Anforderungen des Grundwasserschutzes erfüllt werden können. Sie richtet sich primär an die kantonalen Behörden, welche für die Bewilligung von Wärmenutzungen aus dem Boden und dem Untergrund zuständig sind, im Allgemeinen also an die Gewässerschutzfachstellen. Weiter wendet sie sich an die kommunalen Behörden, welche sich mit der Wärmenutzung aus dem Untergrund befassen, an Fachfirmen und Fachleute im Bereich der Erdwärmenutzung (Planer, Geologen, Hydrogeologen, Bohrfirmen, Installationsfirmen, Hersteller) sowie an Bauherrschaften.

Willy Geiger
Vizedirektor
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

> Einleitung

Die Erhaltung und somit der qualitative und quantitative Schutz der Grundwasservorkommen ist für die künftigen Generationen von zentraler Bedeutung. Da die Nutzung der Erdwärme bei unsachgemäßem Bau und Betrieb von Erdwärmennutzungsanlagen Risiken für die Qualität des Grundwassers birgt, ist eine sorgfältige Planung und Ausführung unabdingbar.

Die vorliegende Vollzugshilfe befasst sich mit den Anforderungen des Gewässerschutzes an Anlagen, welche Wärme aus dem Boden und dem Untergrund nutzen. Die rein technischen Aspekte bei den Erdwärmesonden sowie die Erfordernisse der Qualitätssicherung an Erdwärmesonden werden in der SIA-Norm 384/6 *Erdwärmesonden* behandelt, welche parallel zur dieser Vollzugshilfe erarbeitet wurde.

Die Zahl der Erdwärmegewinnungsanlagen, insbesondere der Erdwärmesonden, hat seit 1995 stark zugenommen. Es ist deshalb von grosser Wichtigkeit, dass in diesem Spannungsfeld unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen technischen Entwicklungen sowie der geltenden gesetzlichen Grundlagen und Maximen des Umweltschutzes nachhaltige Lösungen erzielt werden. Lösungen, welche insbesondere bei den heute gebräuchlichsten Arten der Erdwärmennutzung eine möglichst gesamtschweizerisch einheitliche Anwendung sicherstellen. Zu diesem Zweck wurde die vorliegende Vollzugshilfe erarbeitet.

Sie ersetzt die *Wegleitung für die Wärmenutzung mit geschlossenen Erdwärmesonden* aus dem Jahre 1994.

Diese Vollzugshilfe wurde in enger Zusammenarbeit zwischen dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), dem Bundesamt für Energie (BFE), kantonalen Fachstellen, der Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG) sowie privaten Fachleuten und Fachfirmen erarbeitet.

Sie bezieht sich auf den erdseitigen Teil der Gesamtanlage (Wärmequellenanlage). Die Wärmepumpe selber und die Wärmeverteilung im Gebäude (Heizkreislauf) sind nicht Gegenstand dieser Vollzugshilfe.

1 > Regelungsbereich und Rechtsgrundlagen

1.1 Regelungsbereich

Diese Vollzugshilfe befasst sich mit den Anforderungen des Gewässerschutzes bei Wärmeentnahmen aus dem Boden, dem Untergrund und dem Grundwasser. Die Vollzugshilfe zeigt für gebräuchliche Fälle praktikable Lösungen auf, welche sowohl den Forderungen des Gewässerschutzes als auch der erneuerbaren Energiegewinnung gerecht werden. Sinngemäss gelten die Bestimmungen dieser Vollzugshilfe auch für die Wärmeabgabe in den Untergrund. Die vorgelegten Bewilligungskriterien und Entscheidungshilfen sollen bei der Behandlung von Wärmenutzungsgesuchen zu einer Harmonisierung in der Bewilligungspraxis beitragen.

Nicht Gegenstand der vorliegenden Vollzugshilfe sind die tiefen Geothermienutzungen. Es handelt sich hier um Einzelfälle, über deren Zulässigkeit und spezifisch sichernde Auflagen und Bedingungen nach eingehender individueller Prüfung zu entscheiden ist.

1.2 Rechtsgrundlagen

Auf Bundesebene sind für die Wärmenutzung aus Boden und Untergrund insbesondere die Gesetze und Verordnungen zum Gewässerschutz von Bedeutung. Auf kantonaler Ebene sind neben den gewässerschutzrechtlichen Bestimmungen bei der Grundwasser-nutzung auch die Gesetze zur Wassernutzung bzw. Wasserwirtschaft relevant.

Die folgenden bundesrechtlichen Rechtsgrundlagen sind insbesondere massgebend:

Die Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (BV, SR 101)

Gemäss Artikel 76 BV legt der Bund Grundsätze über die Erhaltung und die Erschliessung der Wasservorkommen, über die Nutzung der Gewässer zur Energieerzeugung und für Kühlzwecke sowie über andere Eingriffe in den Wasserkreislauf fest und erlässt unter anderem Vorschriften über den Gewässerschutz.

Über die Wasservorkommen verfügen gemäss Artikel 76 Absatz 4 BV die Kantone. Es liegt also im Kompetenzbereich der Kantone, die Wassernutzung durch Verleihung von Nutzungsrechten zu erlauben.

Das Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991 (GSchG, SR 814.20)

Das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer vom 24. Januar 1991 schreibt in Artikel 3 eine allgemeine Sorgfaltspflicht vor: Jedermann ist verpflichtet, alle nach den

Umständen gebotene Sorgfalt anzuwenden, um nachteilige Einwirkungen auf die Gewässer zu vermeiden.

- > Artikel 4 Buchstabe d GSchG definiert den Begriff «Verunreinigung» unter anderem als nachteilige physikalische Veränderung des Wassers.
- > Artikel 6 GSchG beinhaltet das Verbot, Gewässer zu verunreinigen.
- > Artikel 19 Absatz 2 GSchG verlangt eine kantonale Bewilligung für Bauten, Anlagen, Grabungen, Erdbewegungen und ähnliche Arbeiten in besonders gefährdeten Bereichen, wenn sie die Gewässer gefährden können.
- > In Artikel 43 Absatz 3 GSchG ist festgehalten, dass Grundwasservorkommen nicht dauernd miteinander verbunden werden dürfen, wenn dadurch Menge oder Qualität des Grundwassers beeinträchtigt werden können.

Weiter sind auch die Artikel 19 (Gewässerschutzbereiche), 20 (Grundwasserschutzzonen), 21 (Grundwasserschutzareale) und 45 (Vollzug durch die Kantone) GSchG zu beachten.

Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201)

Für Anlagen in besonders gefährdeten Bereichen, die eine Gefahr für die Gewässer darstellen können, konkretisiert Artikel 32 GSchV die in Artikel 19 Absatz 2 GSchG statuierte Bewilligungspflicht. Insbesondere für Bohrungen in Gebieten mit nutzbaren Grundwasservorkommen nennt Artikel 32 GSchV die Bewilligungspflicht explizit. Der Gesuchsteller muss den Nachweis erbringen, dass die Anforderungen zum Schutz der Gewässer erfüllt sind. Zum Schutz der Gewässer legt die kantonale Fachstelle Auflagen und Bedingungen sowie die Anforderungen an die Stilllegung der Anlage fest. Sie lehnt das Gesuch ab, wenn kein ausreichender Schutz der Gewässer gewährleistet werden kann.

Artikel 31 GSchV fordert besondere Schutzmassnahmen bei der Erstellung von Anlagen in Gebieten mit nutzbaren Grundwasservorkommen. Als Schutzmassnahmen nennt die Verordnung: die Massnahmen nach Anhang 4 Ziffer 2 GSchV sowie Überwachungs-, Alarm- und Bereitschaftsdispositive.

Anhang 2 Ziffer 21 GSchV regelt die allgemeinen Anforderungen an die Wasserqualität unterirdischer Gewässer. So darf gemäss Absatz 3 die Temperatur des Grundwassers durch Wärmeeintrag oder Wärmeentzug gegenüber dem natürlichen Zustand um höchstens 3 Grad Celsius verändert werden, wobei örtlich eng begrenzte Temperaturveränderungen vorbehalten bleiben. Absatz 4 enthält Anforderungen, die bei der Versickerung von Abwasser zu beachten sind und gemäss Absatz 5 dürfen durch Versickerungsanlagen und Wasserentnahmen die schützende Deckschicht möglichst nicht verletzt und die Hydrodynamik nicht derart verändert werden, dass sich nachteilige Auswirkungen auf die Wasserqualität ergeben.

Im Übrigen ist auch Artikel 29 GSchV (Bezeichnung von Gewässerschutzbereichen sowie Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen) und der Anhang 4 GSchV (planerischer Schutz der Gewässer) relevant.

2 > Zulässigkeiten und Empfehlungen

2.1 Zulässigkeiten

Tab. 1 > Referenztabelle Wärmenutzung aus Boden und Untergrund

	üb ³	A _U	Z _U ¹	Areal	S3	S2	S1
Erdwärmesonden	+	b		-	-	-	-
Erdregister und Wärmekörbe	+	+ ⁴		-.2/4	-.b/5/4/7	-	-
Energiepfähle und ähnliche thermoaktive Elemente	+	b		-.2/4	-.b	-	-
Entnahmebrunnen und Versickerungsbauwerke für die Nutzung von Grundwasser zu Heiz- und Kühlzwecken	+	b		-	-	-	-
Koaxialbrunnen	-. ⁶	-. ⁶		-	-	-	-

Bedeutung der Zeichen und Indices

+	Aus hydrogeologischer Sicht unproblematisch. Keine Bewilligung nach Art. 32 GSchV erforderlich; die Einhaltung sämtlicher weiterer Vorschriften bleibt vorbehalten.
b	Kann fallweise durch die zuständige Behörde zugelassen werden. Bewilligung nach Art. 32 GSchV erforderlich.
+ ^b	Grundsätzlich unproblematisch. Bewilligung nach Artikel 32 GSchV erforderlich.
+ ⁿ	Aus hydrogeologischer Sicht mit Einschränkungen gemäss Anmerkung unproblematisch. Bewilligung nach Artikel 32 GSchV erforderlich.
-	Nicht zugelassen.
-. ^b	Nicht zugelassen; die zuständige Behörde kann nach Prüfung des Einzelfalles Ausnahmen bewilligen.
-. ⁿ	Nicht zugelassen; die zuständige Behörde kann nach Prüfung des Einzelfalles unter Berücksichtigung der Anmerkung Ausnahmen bewilligen.
¹	Im Zuströmbereich Z _U gelten die von den Kantonen für den jeweiligen Z _U verfügbaren spezifischen Schutzmassnahmen. Zudem gelten die Bestimmungen und Nutzungsbeschränkungen der jeweils überlagerten Gewässerschutzbereiche oder Schutzzonen. Ist in Karst- und Kluftgesteinsgebieten ein Zuströmbereich an Stelle einer Zone S3 ausgeschieden worden, so gelten die Bestimmungen für die Zone S3, ausser für die Materialausbeutung und die Wärmenutzung aus Boden und Untergrund.
²	Die zuständige Behörde kann in Ausnahmefällen die Bewilligung zur Erstellung einer Baute oder Anlage in der künftigen Zone S3 erteilen, wenn Lage und Ausdehnung der künftigen Grundwasserschutzzonen aufgrund hydrogeologischer Abklärungen bereits festgelegt sind. Bei ausnahmsweise bewilligten Bauten oder Anlagen gelten die Nutzungsbeschränkungen der zukünftigen Zonen (Anh. 4 Ziff. 23 Abs. 2 GSchV).
³	Den Kantonen wird empfohlen, die Bewilligungspflicht auch auf den Bereich üb auszudehnen.
⁴	Abstand zum höchstmöglichen Grundwasserspiegel mindestens 2 m.
⁵	Keine Direktverdampferanlagen. Flüssigkeitsverluste müssen leicht erkannt werden können.
⁶	Das Gefährdungspotential von Koaxialbrunnen (halboffene Systeme) ist in Bezug auf das Grundwasser extrem hoch. Zum Gefährdungsbild der direkten Grundwassernutzung kommt wegen der fehlenden Abdichtung entlang der Bohrung die Schaffung von neuen vertikalen Wegsamkeiten hinzu, dessen Verlauf nicht kontrollierbar ist. Bei Koaxialbrunnen muss durch geophysikalische und hydrogeologische Tests der Nachweis erbracht werden, dass keine Zu- und Wegflüsse in das bzw. aus dem Bohrloch auftreten können. Sonst sind sie grundsätzlich nicht zulässig.
⁷	Liegen Erdregister und Wärmekörbe nicht im Untergrund, sondern im Boden, ist eine Bewilligung in der Zone S3 grundsätzlich möglich.

Wenn Erdwärmesonden, Erdregister, Wärmekörbe sowie Energiepfähle und andere thermoaktive Elemente Wärme aus Grundwasserleitern beziehen oder in diese abgeben, so kann der Kanton eine Konzessionspflicht vorschreiben.

Bei einer Grundwasserwärmenutzung ist auf jeden Fall neben der gewässerschutzrechtlichen Bewilligung auch eine wasserwirtschaftliche Konzession notwendig. Darüber hinaus kann eine kommunale Baubewilligung erforderlich sein.

2.2 Empfehlungen

Den Kantonen wird empfohlen, *Übersichtskarten für die Wärmenutzung aus dem Untergrund* zu erarbeiten. Die in den einzelnen Gebieten zulässigen Erdwärmegewinnungssysteme (Erdwärmesonden, Grundwasserwärmepumpen, Erdregister etc.) sind in den Karten näher zu bezeichnen. Ebenso sind jene Gebiete zu bezeichnen, in denen zusätzliche Abklärungen erforderlich sind.

Die den Amtsstellen neu zugänglichen geologischen und hydrogeologischen Daten sind laufend auszuwerten und die Gebiete entsprechend anzupassen. Den Kantonen wird zudem empfohlen, durch vermehrte Kontrollen während der Bauzeit die Einhaltung der Gewässerschutzbestimmungen und der Auflagen konsequent durchzusetzen.

Den Kantonen wird weiter empfohlen, Grundsätze für ein regionales Grundwassermanagement festzulegen. Solche Grundsätze können z. B. die Festlegung und Schaffung von zentralen Grundwasserentnahme- und Grundwasserrückgabeeinrichtungen in der kommunalen Zonenplanung beinhalten.

Die Kantone führen einen Kataster der bewilligten Bohrungen.

3 > Erdwärmesonden

3.1 Problematik von Erdwärmesonden im Hinblick auf den Gewässerschutz

Erdwärmesonden können Wechsamkeiten von der Oberfläche in den Untergrund, aber auch den Weg in umgekehrter Richtung vom Untergrund in die Biosphäre öffnen und unerwünschte Verbindungen zwischen Grundwasserstockwerken mit unterschiedlichen Eigenschaften bewirken. Zudem besteht bei der Erstellung von Erdwärmesonden eine Gefährdung des Grundwassers durch den Bohrvorgang und während der Verfüllung.

3.2 Standortbeurteilung

3.2.1 Gebiete, in denen Erdwärmesonden grundsätzlich zugelassen sind (Bewilligung mit Standardauflagen)

Gebiete, die sich für die Trinkwassernutzung wenig oder nicht eignen und in denen eine Gewässergefährdung mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann (keine belasteten Standorte und keine geogene Gefährdungen durch Erdgas, ölhaltige Gesteine, quellende Formationen oder Rutschungen, usw.):

1. Übrige Bereiche üB
2. Randgebiete des Gewässerschutzbereichs A_U ohne Grundwasserführung

Die Standardauflagen für solche Standorte finden sich im Kapitel 3.3.

3.2.2 Gebiete, in denen Erdwärmesonden mit spezifischen Auflagen zugelassen werden können

Gebiete, in denen eine Gewässergefährdung mit Hilfe spezifischer Auflagen mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann:

1. Gebiete geringer Grundwassermächtigkeit (für die Trinkwassergewinnung technisch nicht nutzbar) im Gewässerschutzbereich A_U
2. Besiedelte Gebiete innerhalb des nutzbaren Teils des Gewässerschutzbereichs A_U , in denen eine Trinkwassergewinnung nicht möglich ist.
3. Gebiete mit Grundwasserstockwerkbau
→ In Gebieten mit mehreren Grundwasserstockwerken soll in der Regel auf die Erstellung von Erdwärmesonden verzichtet werden.

4. Gebiete mit gespanntem Grundwasser
→ In Gebieten mit *artesisch* gespanntem Grundwasser soll in der Regel auf die Erstellung von Erdwärmesonden verzichtet werden.
5. Gebiete mit stark mineralisiertem Grundwasser
→ In Gebieten mit stark mineralisierten Grundwasservorkommen soll in der Regel auf die Erstellung von Erdwärmesonden verzichtet werden.
6. Gebiete, in denen der geologische oder hydrogeologische Aufbau des Untergrundes ungenügend bekannt ist sowie Gebiete mit lokalen Verkarstungen oder lokalem Auftreten von Klüften.
7. Gebiete mit bestehenden unterirdischen Anlagen
8. Gebiete, in denen geogene Probleme zu erwarten sind (z. B. Erdgas, ölhaltige Gesteine, quellende Formationen)
9. Belastete Standorte, sofern die Voraussetzungen nach Artikel 3 Altlastenverordnung erfüllt sind.

Spezifische Auflagen für die oben erwähnten Gebiete finden sich in Kapitel 3.4.

3.2.3 Gebiete, in denen Erdwärmesonden nicht zugelassen sind

1. Grundwasservorkommen, die der Trinkwasserversorgung dienen oder dienen können, ausser den in den Ziffern 3.2.1 und 3.2.2 aufgeführten Gebieten
2. Grundwasserschutzzonen
3. Grundwasserschutzareale
4. Gebiete mit sehr hoher Wasserdurchlässigkeit (z. B. bei erhöhtem Auftreten von Karsthohlräumen oder Klüften)
5. Rutschgebiete

3.3 Allgemeine Auflagen für Erdwärmesonden (Standardauflagen)

1. Die Planung und der Einbau der Erdwärmesonden hat gemäss SIA 384/6 zu erfolgen.
2. Die Bohrtiefe ist so zu wählen, dass die Einsatzgrenzen des eingebauten Materials eingehalten werden und eine fachtechnisch einwandfreie Hinterfüllung des Bohrlochringraumes gewährleistet ist.
3. Der Ausführungstermin der Bohrungen ist der Bewilligungsbehörde und dem zuständigen Geologen vor Bohrbeginn mitzuteilen.
4. Es sind nur Bohrgeräte und -verfahren einzusetzen, 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.
5. Das eingesetzte Bohrgerät muss mit allen erforderlichen Materialien für die Intervention in ausserordentlichen Situationen ausgerüstet sein. Insbesondere ist den Gefährdungsbildern 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.
6. 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 ölhaltigen Gesteinen.
7. Bei Tonspülbohrungen sind nur Stützmittel ohne Umweltgefährdung einzusetzen.
8. 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.
9. Das anfallende Abwasser und der Bohrschlamm sind nach Weisungen der Gemeinde umwelt- und gewässerschutzgerecht (SIA 431- und TVA-konform) zu entsorgen. Für die Ableitung des Abwassers ist die Bewilligung der Gemeinde einzuholen. Bevor das Abwasser eingeleitet wird, ist es über ein genügend grosses Absetzbecken zu führen. Die Qualität des abzuleitenden Abwassers hat den Vorschriften der Gewässerschutzverordnung (Anhang 3.3 Ziffer 23 GSchV) zu entsprechen.

Planungs- und Bauphase

10. Für die Aufnahme des Bohrprofils durch den beauftragten Geologen werden gemäss den Weisungen der kantonalen Bewilligungsbehörden Proben von Bohrklein entnommen. Die hydrogeologischen Kennwerte sind zu erheben. Nach Abschluss der Bohrarbeiten wird durch den Geräteführer ein vollständiges Bohrprotokoll gemäss SIA 384/6 (Anhang A4-1) erstellt. Das Bohrprotokoll wird dem Auftraggeber zur Weiterleitung an die zuständige Behörde zugestellt.
11. Die erdverlegten Rohrsysteme müssen dauerhaft und korrosionssicher sein. Üblicherweise kommen hier Kunststoffrohre zum Einsatz. Alle erdverlegten Verbindungen, auch die Anbindung an die Verteilungen, sind als unlösbare, korrosionsbeständige Verbindungen auszuführen. Der erdseitige Anlageteil 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 A4-2) zu dokumentieren. Das Prüf- und Abnahmeprotokoll wird dem Auftraggeber zur Weiterleitung an die zuständige Behörde zugestellt.
12. Die Erdwärmesonde ist bei gesetzter Verrohrung ohne Verzug nach Einsetzen in das Bohrloch vom Bohrlochfuss her mit einer aushärtenden Suspension bis zur Oberfläche vollständig und lückenlos zu hinterfüllen. Die Hinterfüllung ist über ein beim Sondenfuss befestigtes, im Bohrloch verbleibendes zusätzliches Rohr vorzunehmen. Für eine zweckmässige Suspension gelten die Richtwerte nach Anhang A7.
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.
13. 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 auch diese vollständig und lückenlos mit einem aushärtenden Material zu verpressen.
14. Es dürfen nur Wärmeträgerflüssigkeiten eingesetzt werden, die das Wasser nicht gefährden (siehe Anhang A6). Betriebsphase
15. Alle erdverlegten geschlossenen Systeme sind durch selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtungen zu sichern. 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. Die Mängel sind zu beheben.
16. Bei der Ausserbetriebnahme solcher Systeme ist die Wärmeträgerflüssigkeit auszuspülen und ordnungsgemäss zu entsorgen. Die Sonde ist sodann vollständig und lückenlos mit einem aushärtenden Material zu verpressen. Die ordnungsgemässe Stilllegung ist der kantonalen Bewilligungsbehörde anzuzeigen. Stilllegung

3.4 Spezifische Auflagen

In Gebieten, in denen die Standardauflagen zum Schutz des Grundwassers nicht ausreichen, kann der Kanton zusätzliche Auflagen formulieren (Kapitel 3.2.2):

1. Gebiete geringer Grundwassermächtigkeit im Gewässerschutzbereich A_U
 - Einbringen von permanenten Verrohrungen, Packern oder Druckzementationen gemäss Vorgabe der Behörde bzw. des beauftragten Geologen;
2. Besiedelte Gebiete innerhalb des nutzbaren Teils des Gewässerschutzbereichs A_U, in denen eine Trinkwassergewinnung nicht möglich ist.
 - Begrenzung der Sondenzahl und/oder der Sondentiefe und/oder des Wärmeentzugs zur Minimierung des Einflusses auf das Grundwasser,
 - Einbringen von permanenten Verrohrungen, Packern oder Druckzementationen gemäss Vorgabe der Behörde bzw. des beauftragten Geologen;
 - Verwendung von Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit (ohne Zusatz von Frostschutzmitteln)
3. Gebiete mit Grundwasserstockwerkbau
 - Begrenzung der Sondentiefe, um zu gewährleisten, dass ausschliesslich der für die Nutzung bewilligte Tiefenbereich erbohrt wird;
4. Gebiete mit gespanntem Grundwasser
 - Begrenzung der Sondentiefe, um zu verhindern, dass der betreffende Grundwasserleiter angebohrt wird,
 - Verhinderung eines hydraulischen Kurzschlusses durch Einbringen von permanenten Verrohrungen, Packern oder Druckzementationen gemäss Vorgabe der Behörde bzw. des beauftragten Geologen;
5. Gebiete mit stark mineralisiertem Grundwasser
 - Begrenzung der Sondentiefe, um zu verhindern, dass der betreffende Grundwasserleiter angebohrt wird,
 - Korrosionsschutz, Anpassung der Zusammensetzung der Hinterfüllung an das Vorkommen aggressiver Wässer.
 - Gebiete, in denen der geologische bzw. hydrogeologische Aufbau des Untergrundes ungenügend bekannt ist sowie Gebiete mit lokalen Verkarstungen oder lokalem Auftreten von Klüften:
 - Zusätzliche hydrogeologische Untersuchungen.
6. Gebiete mit bestehenden unterirdischen Anlagen
 - Begrenzung der Sondentiefe, um zu verhindern, dass die Anlagen gefährdet werden
7. Gebiete, in denen geogene Probleme zu erwarten sind (z. B. Erdgas, ölhaltige Gesteine, quellende Formationen)
 - Begrenzung der Sondentiefe, um zu verhindern, dass die entsprechenden Formationen angebohrt werden
8. belastete Standorte
 - Massnahmen, welche verhindern, dass Schadstoffe ins Grundwasser gelangen (z. B. Einbringen einer permanenten Verrohrung)

4 > Erdregister, Wärmekörbe, Energiepfähle

4.1 Problematik von Erdregistern, Wärmekörben sowie Energiepfählen und ähnlichen thermoaktiven Elementen im Hinblick auf den Gewässerschutz

Erdregister, Wärmekörbe sowie Energiepfähle und ähnliche thermoaktive Elemente sind aus der Sicht des Grundwasserschutzes in der Regel unproblematisch, wenn der Abstand von 2 Metern zum höchst möglichen Grundwasserspiegel eingehalten wird. Energiepfähle, die ins Grundwasser reichen, werden – sofern im betreffenden Fall zulässig – gemäss Gewässerschutzgesetzgebung als Einbauten ins Grundwasser behandelt.

Anlagen mit Direktverdampfung bergen wegen der zirkulierenden Schmieröle ein grösseres Gewässerschutzrisiko als Sole-Anlagen und sollen deshalb nur in letzter Priorität eingesetzt werden.

4.2 Standortbeurteilung

Sofern zum höchst möglichen Grundwasserspiegel ein Abstand von mindestens 2 m besteht, bedarf die Erstellung von *Erdregistern und Wärmekörben* sowohl im Gewässerschutzbereich A_U als auch im übrigen Bereich $ÜB$ grundsätzlich keiner gewässerschutzrechtlichen Bewilligung, es sei denn, die Kantone schreiben eine solche vor. In der Zone S3 braucht es eine Bewilligung nach Artikel 32 GSchV. Liegen Erdregister und Wärmekörbe nicht im Untergrund, sondern im Boden, ist eine Bewilligung in der Zone S3 grundsätzlich möglich.

Grundsätzlich werden die *Energiepfähle und ähnliche thermoaktive Elemente* im ordentlichen Baubewilligungsverfahren wie Fundationspfähle behandelt. Für die Erstellung und den Betrieb derartiger Anlagen im Gewässerschutzbereich A_U braucht es eine Bewilligung nach Artikel 32 GSchV. In der Zone S3 können sie fallweise durch die zuständige Behörde zugelassen werden, wenn sichergestellt werden kann, dass die Trinkwassernutzung nicht beeinträchtigt wird.

4.3 Anforderungen

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.

Planungs- und Bauphase

Anfallendes Abwasser und anfallender Bohrschlamm sind nach Weisungen der Gemeinde umwelt- und gewässerschutzgerecht (SIA 431- und TVA-konform) zu entsorgen. Für die Ableitung des Abwassers in die Kanalisation ist die Bewilligung der Gemeinde und des Kanalisationseigentümers einzuholen. Bevor das Abwasser eingeleitet wird, ist es über ein genügend grosses Absetzbecken zu führen. Die Qualität des abzuleitenden Abwassers hat den Vorschriften der Gewässerschutzverordnung (Anhang 3.3 Ziffer 23 GSchV) zu entsprechen.

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 Anlageteil 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 A4-2) zu dokumentieren. Das Prüf- und Abnahmeprotokoll wird dem Auftraggeber zur Weiterleitung an die zuständige Behörde gestellt.

Es dürfen nur Wärmeträgerflüssigkeiten eingesetzt werden, die das Wasser nicht gefährden (siehe Anhang A6 Dies gilt sinngemäss auch für Direktverdampferanlagen: Hier sollen wenn möglich nur natürliche Kältemittel verwendet werden; der Anteil an Schmieröl soll so gering wie technisch möglich gehalten werden.

Betriebsphase

Alle erdverlegten geschlossenen Systeme sind durch selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtungen zu sichern. 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. Die Mängel sind zu beheben.

Bei der Ausserbetriebnahme solcher Systeme ist die Wärmeträgerflüssigkeit auszuspülen und ordnungsgemäss zu entsorgen. Die ordnungsgemässe Stilllegung ist der kantonalen Bewilligungsbehörde anzuzeigen.

Stilllegung

5 > Grundwasserwärmenutzung

5.1 Problematik der Grundwasserwärmenutzung im Hinblick auf den Gewässerschutz

Die Nutzung von Grundwasser zum Heizen oder Kühlen bringt bei unsachgemäßem Bau und Betrieb der Anlagen Risiken für die Qualität des Grundwassers. So können bei Defekten im System oder bei Unfällen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten Schadstoffe über die Rückgabeeinrichtung unbemerkt ins Grundwasser gelangen.

Um den verschiedenen öffentlichen Interessen gerecht zu werden, sind die verschiedenen Bedürfnisse sorgfältig gegeneinander abzuwägen. Fachgerecht erstellte und gewartete Anlagen sind Voraussetzung. Zentrale grössere Anlagen sind zu bevorzugen.

5.2 Standortbeurteilung

5.2.1 Gebiete, in denen Grundwasserwärmenutzungen grundsätzlich zugelassen sind (Bewilligung mit Standardauflagen)

Gebiete, die sich für die Trinkwassernutzung wenig oder nicht eignen und in denen eine Gewässergefährdung mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann (keine belasteten Standorte und keine Gefährdungen durch Hochwasser):

1. Übrige Gewässerschutzbereiche üB, wie z. B. Gebiete mit Grundwasser, das für die Nutzung als Trinkwasser eine natürlicherweise ungenügende Qualität aufweist
2. Gebiete geringer Grundwassermächtigkeit (für die Trinkwassergewinnung technisch nicht nutzbar) des Gewässerschutzbereichs A_U
3. Besiedelte Gebiete innerhalb des nutzbaren Teils des Gewässerschutzbereichs A_U, in denen eine Trinkwassergewinnung nicht möglich ist.

Die Standardauflagen für solche Standorte finden sich im Kapitel 5.3.

5.2.2 Gebiete, in denen Grundwasserwärmenutzungen mit spezifischen Auflagen zugelassen werden können

1. Gebiete mit Grundwasserstockwerkbau
2. Gebiete, in denen der geologische oder hydrogeologische Aufbau des Untergrundes ungenügend bekannt ist.
3. Gebiete, in denen Gefahr durch Hochwasser besteht.
4. Gebiete mit bestehender hoher Dichte an Grundwassernutzungsanlagen.
5. Gebiete mit bestehenden unterirdischen Anlagen

6. Gebiete mit stark mineralisiertem Grundwasser
7. Belastete Standorte

5.2.3 Gebiete, in denen Grundwasserwärmenutzungen nicht zugelassen sind

1. Grundwasserschutzzonen
2. Grundwasserschutzareale
3. Gebiete mit gespanntem Grundwasser

5.3 Allgemeine Auflagen für Grundwasserwärmenutzungen (Standardauflagen)

1. Die Wasserentnahme hat über einen dichten Kopfschacht mit folgenden Mindestmassen zu erfolgen (siehe Anhang A2-1):
 - Durchmesser: 1,0 m
 - Tiefe: 1,5 m
 - Überstand gegenüber umliegendem Gelände: 0,3 m – oder Einbau eines dichten Deckels und Erstellung eines Pumpensumpfs.
 Der Kopfschacht ist mit einem verschliessbaren und beschrifteten Deckel (Aufschrift: Grundwasser) und mit einem dichten Boden mit Pump- und Reinigungsumpf auszurüsten. Die Zu- und Wegleitungen sind mit dichten Manschetten durch den Schachtboden zu führen. Der Filterbrunnen hat aus dauerhaftem und korrosionsbeständigem Material (z. B. Kunststoffe wie PVC) zu bestehen.
2. Die Wasserrückgabe muss über eine separate Anlage (Sickerschacht, Sickergalerie oder Schluckbrunnen) erfolgen, dabei sind folgende Prioritäten zu berücksichtigen:
 - Diffuse Versickerung im nicht wassergesättigten Untergrund (Sickergalerie)
 - Punktuelle Versickerung im nicht wassergesättigten Untergrund (Sickerschacht)
 - Direkte Versickerung im wassergesättigten Untergrund (Schluckbrunnen)
 Schachtkonstruktionen sind – sinngemäss – unter Berücksichtigung der unter Punkt 1 aufgeführten Vorgaben auszuführen (siehe Anhang A2-2). Der Deckel hat die Beschriftung «Versickerung» aufzuweisen.
3. Das genutzte Wasser ist vollständig und unverschmutzt in denselben Grundwasserleiter zurückzugeben, aus dem es entnommen wurde. Falls dies nicht möglich ist, hat die Rückgabe in den entsprechenden Vorfluter zu erfolgen.
4. Es darf kein Meteorwasser in die Wasserrückgabanlage eingeleitet werden. Vorbehalten bleiben abweichende besondere Konzessionsbestimmungen.
5. Die Schächte müssen für die periodisch durchzuführenden Kontrollen immer zugänglich sein.
6. Als Wasserförderpumpen sind nur Fabrikate mit Wasserschmierung zulässig.
7. Das Gesamtsystem Wasserentnahme/Wasserrückgabe muss geschlossen sein. Die kantonale Fachstelle schreibt vor, welche Anlagen einen Zwischenkreislauf (zwischen Grundwasser und Nutzung) aufweisen müssen.

Planungs- und Bauphase

-
8. Grundlage für die Prüfung einer Bewilligung einer Grundwasser-Wärmenutzungsanlage ist ein hydrogeologischer Bericht. Dabei sind die Ausdehnung, Mächtigkeit, Durchlässigkeit und Ergiebigkeit des Grundwasserleiters sowie die Temperaturganglinie, die Fliessrichtung, die Fliessgeschwindigkeit und der Chemismus des Grundwassers zu beschreiben. Auch sind mögliche Auswirkungen auf benachbarte Anlagen abzuklären (siehe Anhang A3-3).
 9. Die Temperatur des Grundwassers darf durch Wärmeeintrag oder Wärmeentzug gegenüber dem natürlichen Zustand um höchstens 3 °C verändert werden. Im unmittelbaren Umkreis von maximal 100 Metern darf diese Veränderung mehr als 3 °C betragen.
 10. Periodische Kontrolle der Schächte (mindestens alle 4 Jahre) Betriebsphase
 11. Die Regenerierung von Grundwasserbrunnen benötigt dann eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung, wenn Chemikalien zum Einsatz kommen.
 12. Bei der Stilllegung einer Grundwasserwärmenutzungsanlage sind der Förderbrunnen und der Versickerungsschacht fachgerecht zu verfüllen. Die ordnungsgemässe Stilllegung ist der kantonalen Bewilligungsbehörde anzuzeigen. Stilllegung

5.4

Spezifische Auflagen

1. Gebiete mit Grundwasserstockwerkbau
 - Begrenzung der Bohrtiefe, um zu gewährleisten, dass das untere Grundwasserstockwerk nicht angebohrt wird.
2. Gebiete, in denen der geologische oder hydrogeologische Aufbau des Untergrundes ungenügend bekannt ist
 - Durchführung der notwendigen Untersuchungen.
3. Gebiete, in denen Gefahr durch Hochwasser besteht
 - Überstand von Kopfschacht und Sickerschacht an Situation anpassen.
4. Gebiete mit bestehender hoher Dichte an Grundwassernutzungsanlagen
 - Abklärung, welcher zusätzliche Wärmeentzug möglich ist ohne die bestehenden Nutzungen zu konkurrenzieren.
5. Gebiete mit bestehenden unterirdischen Anlagen
 - Begrenzung der Bohrtiefe, um zu verhindern, dass die Anlagen gefährdet werden.
6. Gebiete mit stark mineralisiertem Grundwasser
 - Rückgabe in die Formation aus der das Wasser entnommen wurde.
7. Belastete Standorte
 - Verhinderung einer Mobilisierung von Schadstoffen;
 - Wasserrückgabe in den unverschmutzten Untergrund.

> Anhang

A1 Systembeschreibung

A1-1 Was ist Erdwärme?

Erdwärme ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der festen Erdoberfläche. Diese beruht im Wesentlichen auf dem vom Erdinneren zur Erdoberfläche gerichteten terrestrischen Wärmestrom und der von der Sonne eingestrahlt Wärmeenergie. Die Quellen des terrestrischen Wärmestroms sind u.a. die bei der Erdentstehung frei gewordene Energie und die durch den Zerfall radioaktiver Isotope frei gesetzte Energie. Unterhalb des Einflussbereichs der Sonneneinstrahlung, d. h. unterhalb etwa 20 m, nimmt die Temperatur im Schnitt pro 100 m Tiefe um 3 °C zu.

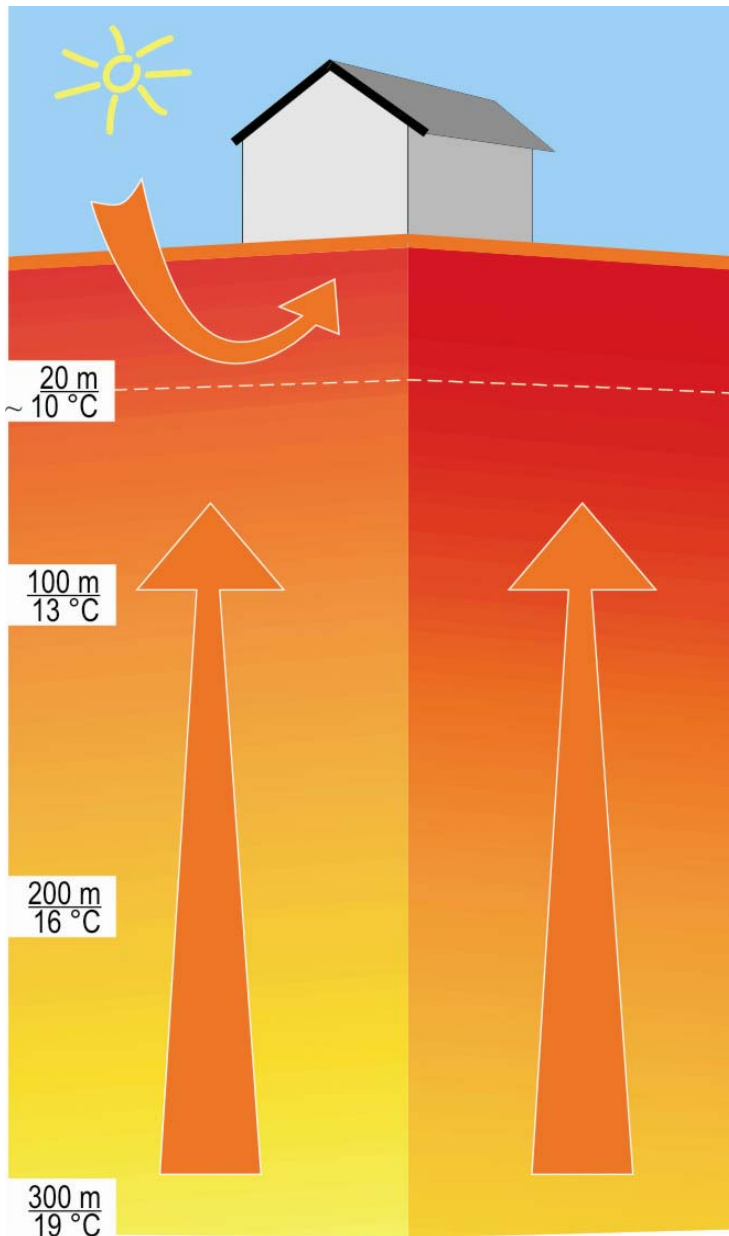
Hauptanliegen der geothermischen Energienutzung ist es, die Wärme mit Hilfe geeigneter Technologien aus der Tiefe an die Erdoberfläche zu befördern. An einigen Stellen erfolgt dies auf natürliche Art (z. B. Thermalquellen) oder als Nebenprodukt eines Bauwerks mit anderer Zielausrichtung (z. B. Tunnelwässer). In den weitaus meisten Fällen muss die Erdwärme mit Hilfe von technischen Anlagen (z. B. Bohrungen) erschlossen und mit einem Träger (z. B. Wasser in einem Zirkulationssystem) an die Oberfläche transportiert werden.

Je höher die zu gewinnende Temperatur aus dem Untergrund sein soll, desto tiefer muss in der Regel eine Bohrung ausgeführt sein.

In der Schweiz erfolgt die Erdwärmegewinnung am häufigsten mit Hilfe von Wärmepumpen. Als Wärmequelle für die Wärmepumpe dient der Untergrund, welcher durch ein Rohrsystem erschlossen wird. Meistens wird hierzu die Erdwärmesonde benutzt. Eine direkte Nutzung (ohne Wärmepumpe) ist dann möglich, wenn die erschlossene Temperatur genau der Temperatur des Nutzungszwecks entspricht.

Abb. 1 > Einflussbereich des solaren und terrestrischen Wärmeflusses

*Unterhalb von rund 20 Meter nimmt die Temperatur kontinuierlich zu.
Die angegebenen Temperaturen sind Richtwerte und können von Ort zu Ort variieren.*



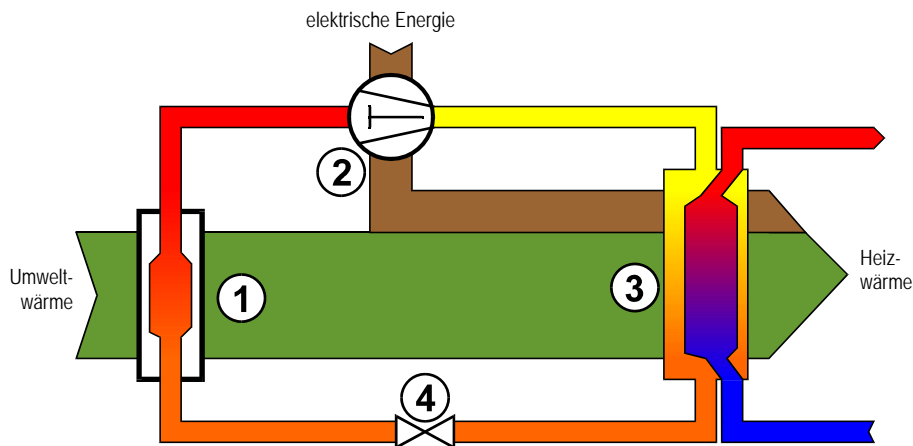
A1-2 Wie funktioniert eine Wärmepumpe?

Die Wärmepumpe ist eine Maschine, die Wärme von einem niedrigen Temperaturniveau unter Aufwand von Arbeit auf ein höheres Temperaturniveau bringt. Wärmepumpen werden zur Gebäudeheizung, Warmwasserbereitung und bei den verschiedensten industriellen Verfahren eingesetzt.

In einer Wärmepumpe findet der gleiche Prozess statt wie in Kühl- und Gefriergeräten. Unterschiedlich ist nur die Nutzung: Innerhalb eines Kühlschranks wird dem Inneren Wärme entzogen und nach Aussen abgegeben. Bei der Wärmepumpenheizung wird die Wärme von einem äusseren Medium ins Innere des Gebäudes «gepumpt».

Abb. 2 > Prinzipschema der Wärmepumpe

- 1: Im Verdampfer nimmt das kalte flüssige Kältemittel Energie aus der Wärmequelle (= z. B. Erdwärmesonde) auf und verdampft.
- 2: Der Verdichter komprimiert das dampfförmige Kältemittel unter Verbrauch von elektrischer Antriebsenergie, wobei sich dieses erwärmt.
- 3: Im Verflüssiger gibt das erwärmte dampfförmige Kältemittel seine thermische Energie an das Heizsystem ab und wird dabei wieder flüssig (kondensiert).
- 4: Am Expansionsventil entspannt sich das flüssige Kältemittel, seine Temperatur nimmt weiter ab. Im Verdampfer beginnt der Kreislauf von neuem.



A1-3 Funktionsweise von Erdwärmesonden

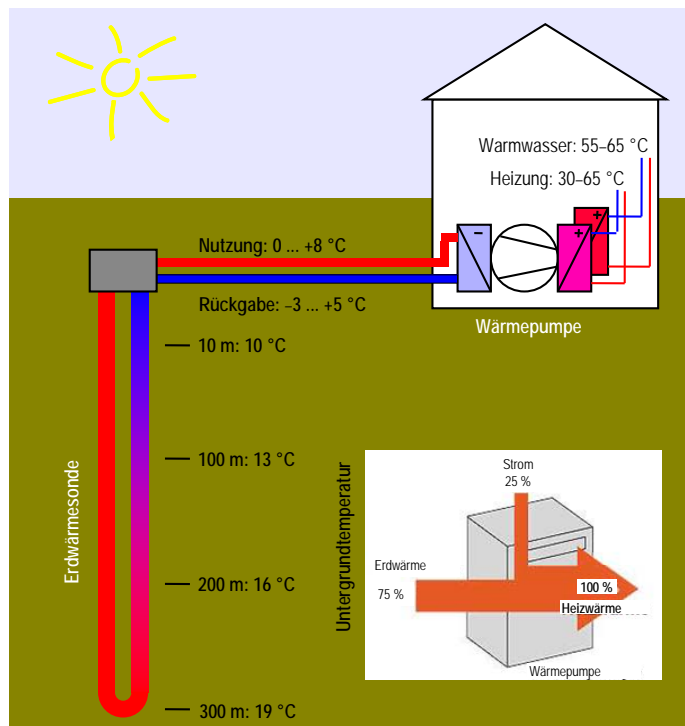
Erdwärmesonden werden in Bohrungen mit Tiefen von ca. 100 m bis 400 m eingebaut. Die Bohrdurchmesser betragen bis ca. 160 mm. Die Sonden bestehen in der Regel aus paarweise gebündelten U-förmigen Kunststoffrohrschleifen, die nahe der Erdoberfläche über Sammelleitungen an die Wärmepumpe angeschlossen sind. Die Anlage verfügt somit über drei voneinander getrennte Kreisläufe:

1. Der Wärmequellenkreislauf, der mit einer zugelassenen Wärmeträgerflüssigkeit gefüllt ist

- 2. der Arbeitskreislauf der Wärmepumpe, gefüllt mit dem Kältemittel, sowie –
- 3. der Nutzungskreislauf des Heizungssystems.

Abb. 3 > Prinzipschema einer Erdwärmesondenanlage mit Angaben zu den Temperaturen im Untergrund und innerhalb des Systems

Die Temperatur-Tiefenangaben sind Richtwerte und können von Ort zu Ort variieren.



Erdwärmesonden können als Wärme- oder als Kältequelle benutzt werden, d. h. sowohl ein Heiz- als auch ein Kühlbetrieb ist möglich. Für den Betrieb des Wärmequellen- und des Nutzungskreislaufes sind Umwälzpumpen nötig.

Der nach Einbau der Sonden verbleibende Hohlraum zwischen den Sondenbündeln und der Bohrlochwand wird mit einer Bentonit-Zement-Suspension hohlraumfrei hinterfüllt. Dies erfolgt einerseits zur thermischen Anbindung der Sonden an den Untergrund und andererseits zur Verhinderung von neu geschaffenen hydraulischen Wegsamkeiten entlang der Erdwärmesonde, die aus Sicht des Grundwasserschutzes zu unterbinden sind.

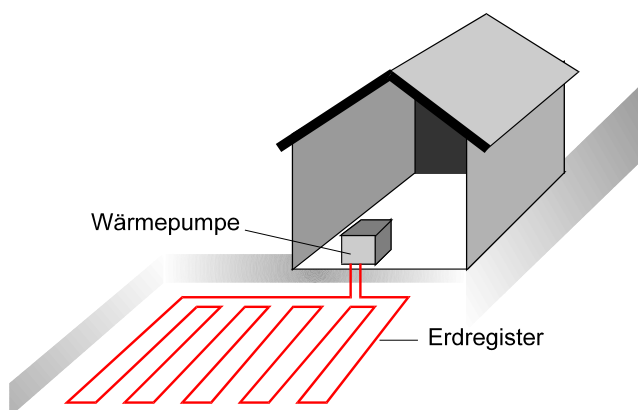
Durch den Betrieb der Erdwärmesonde wird das thermische Gleichgewicht des Untergrundes in der Regel geringfügig beeinflusst. Die Regenerierung des Untergrundes erfolgt hauptsächlich durch Wärmeleitung, im wassergesättigten Untergrund auch über den Transport von Wärme mit dem Wasser.

Als Spezialfall der Erdwärmesonde wird das *Wärmerohr* erwähnt. Wärmerohre sind einfache geschlossene, in der Regel kunststoffummantelte Metallrohre, welche mit einem Wärmeträger (z. B. CO₂ oder Ammoniak) gefüllt sind, die einen pumpenfreien Betrieb ermöglichen. Wie die Erdwärmesonde bildet auch das Wärmerohr einen eigenen geschlossenen Kreislauf und wird mittels einer Bohrung in den Untergrund eingebracht. Wärmerohre sind in der Regel nur als Wärmequelle einsetzbar.

A1-4 Funktionsweise von Erdregistern, Wärmekörben und Energiepfählen

Bei *Erdregistern* werden die Wärmeübertragerrohre aus Kunststoff in einer Tiefe von max. 2 m unter dem Gelände horizontal verlegt. Sie funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie Erdwärmesonden, werden jedoch aufgrund ihres grossen Flächenbedarfs seltener eingesetzt. Erdregister gewinnen hauptsächlich die von der Sonne eingestrahelte Wärmeenergie. In den Erdregistern zirkuliert ein Wasser-Frostschutzgemisch. Sie können ebenfalls im Heiz- und Kühlbetrieb gefahren werden.

Abb. 4 > Prinzipschema einer Wärmepumpenanlage mit Erdregister



Erdregister können auch als *Direktverdampfer* (z. B. mit Propan) erstellt werden. In diesem Fall wird das Kältemittel der Wärmepumpe direkt mittels in der Regel Kunststoffummantelter Kupferrohre in das Erdreich zur Verdampfung geführt. Zu beachten ist, dass solche Kältemittel zu Schmierzwecken in der Regel auch ölhaltige Komponenten enthalten, welche eine Gefahr für die Gewässer darstellen.

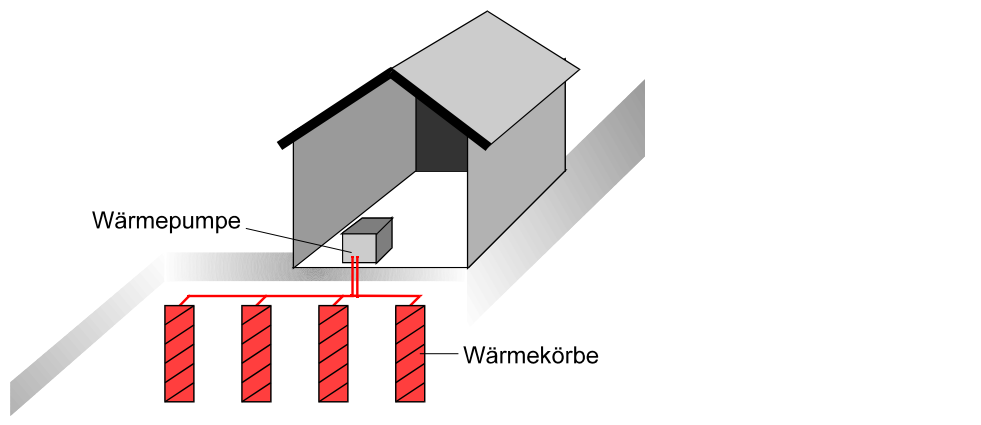
Bei den *Energiepfählen* (Erdwärmepfählen) handelt es sich um Gründungspfähle (Bohr- oder Rammpfähle), die mit innen liegenden Rohren zur Wärmeübertragung ausgestattet sind. Die Rohre können in Ortbeton- wie auch in Hohlpfählen, welche anschliessend verpresst werden, eingebaut werden. Ein Heiz- und Kühlbetrieb ist möglich. Energiepfähle kommen nur beim Bau von Gebäuden zum Einsatz, die eine Pfahlgründung erfordern.

Eine Variante der Energiepfähle bilden die *erdberührten Betonbauteile (Geostrukturen)*. Hier wird die Wärme in der Regel aus den im wassergesättigten Baugrund liegenden Bauteilen gewonnen.

Energiepfähle wie auch andere thermoaktive Elemente im Untergrund nutzen die Phasenverschiebung der Oberflächen-Temperaturschwankung mit der Tiefe: das Sommertemperaturmaximum liegt zu Beginn des folgenden Winters in 2–4 m Tiefe; im Frühjahr ist es umgekehrt: nun liegt die «Winterkälte» in diesem Tiefenbereich zur Nutzung bereit.

Beim *Wärmekorb* wird ein spiralförmiges, ca. 2 m langes Rohrbündel in einen ausgehobenen vertikalen Schacht verlegt und verfüllt. Wegen der oberflächennahen Verlegung sind diese den Erdregistern zugeteilt.

Abb. 5 > Prinzipschema einer Wärmepumpenanlage mit Wärmekörben



A1-5 Funktionsweise von Grundwasserwärmepumpen

Je nach Standort kann zur Gewinnung geothermischer Energie auch oberflächennahes Grundwasser direkt verwendet werden. Hierfür wird das Grundwasser meist über einen Entnahmebrunnen erschlossen, mittels Unterwasserpumpe direkt zur Grundwasser-Wärmepumpe gefördert und in einer Rückgabeeanlage (Versickerungsschacht oder Schluckbrunnen) dem genutzten Grundwasserleiter wieder zugeführt. Daher sind in der Regel zwei Bauwerke notwendig, die zur Vermeidung eines thermischen Kurzschlusses im Untergrund in Grundwasserfließrichtung zueinander in ausreichendem Abstand liegen müssen. Auch Quellen können zur Wärme Gewinnung genutzt werden.

Grundwasser-Wärmepumpenanlagen können das ganze Jahr über konstant hohe Wärmequellentemperaturen von in der Regel rund 8 bis 10 °C nutzen und vermeiden Wärmetauscherverluste im Untergrund. Dies ermöglicht hohe Jahresarbeitszahlen und speziell in Anlagen ab 10 kW Heizleistung einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber Erdwärmesonden. Deshalb empfiehlt sich die Wärme Gewinnung mittels Grundwasserwärmepumpe, sobald ein geeignetes oberflächennahes Grundwasservorkommen vor-

handen ist. Aufgrund der mit zunehmender Tiefe stark ansteigenden Brunnenbau- und Betriebskosten liegt die Wirtschaftlichkeitsgrenze der Grundwassernutzung je nach Anlagengröße und Untergrundverhältnissen bei Brunnentiefen zwischen 20 und 50 m.

Anlagen mit grösserer thermischer Leistung werden meist professionell betrieben und gewartet. Sie weisen deshalb in der Regel eine höhere Betriebssicherheit auf als Kleinanlagen für Einfamilienhäuser.

Die Brunnenleistung hängt vor allem von den hydrogeologischen Gegebenheiten ab und muss eine Dauerentnahme für den Nenndurchfluss der angeschlossenen Wärmepumpe gewährleisten. Dieser beträgt rund $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ pro 1 kW Verdampferleistung bei einer Abkühlung (Heizbetrieb) oder Erwärmung (Kühlbetrieb) von maximal 6 Kelvin. Für ein Einfamilienhaus beispielsweise mit einer benötigten Heizleistung von 15 kW ist eine Förderrate von $1,2 \text{ l/s}$ ausreichend. Die Brunnenleistung muss über einen Pumpversuch nachgewiesen werden.

Einschränkungen der Nutzbarkeit bestehen hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit. Bei sauerstoffarmen Wässern mit hohen Eisen- und/oder Mangangehalten besteht die Gefahr der Brunnenverockerung, bei aggressiven Wässern die Gefahr der Anlagenkorrosion. Deshalb sollte die Grundwasserbeschaffenheit generell anhand ausgewählter Parameter überprüft werden.

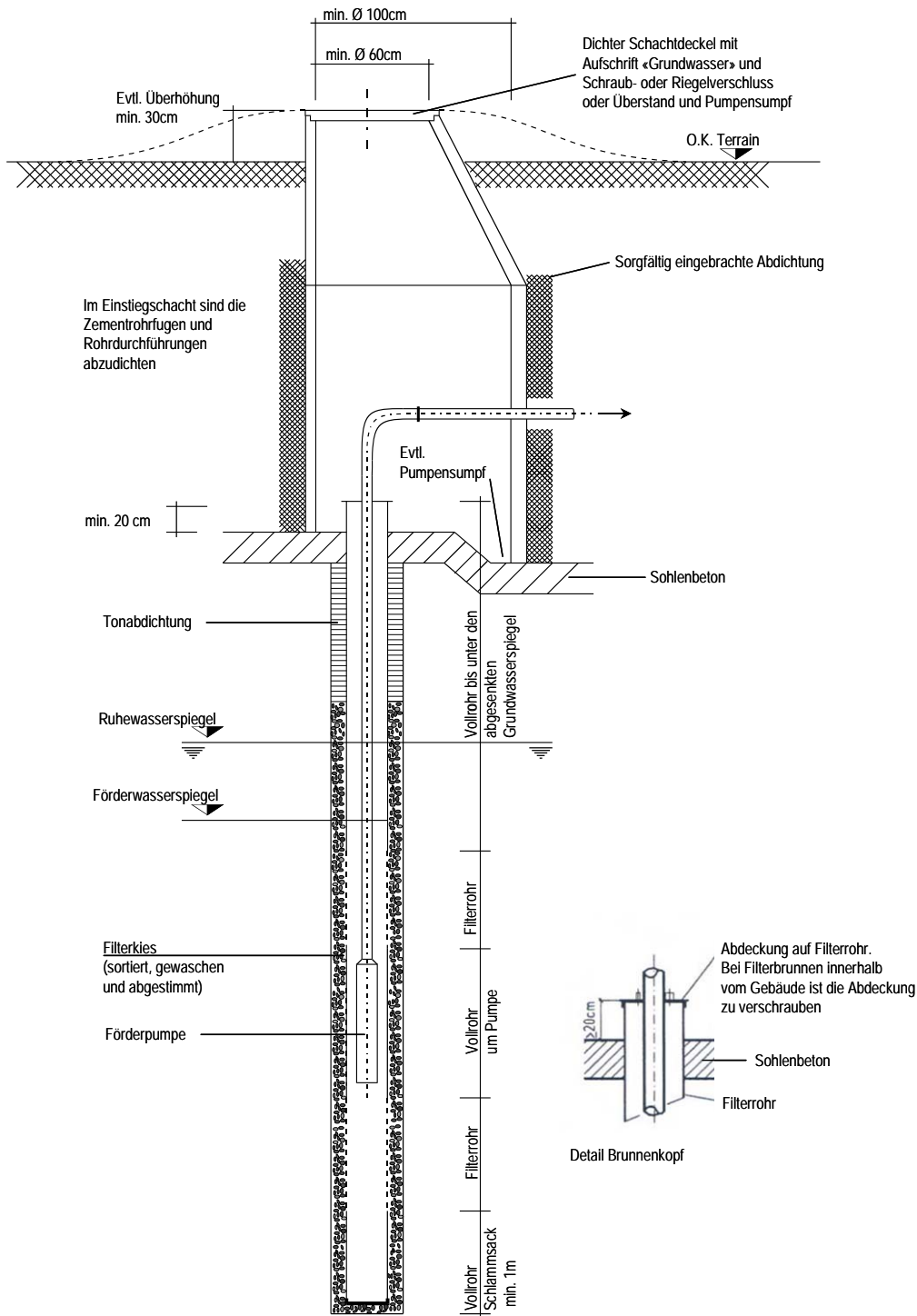
Abb. 6 > Prinzipielle Darstellung einer Grundwasser-Wärmepumpenanlage



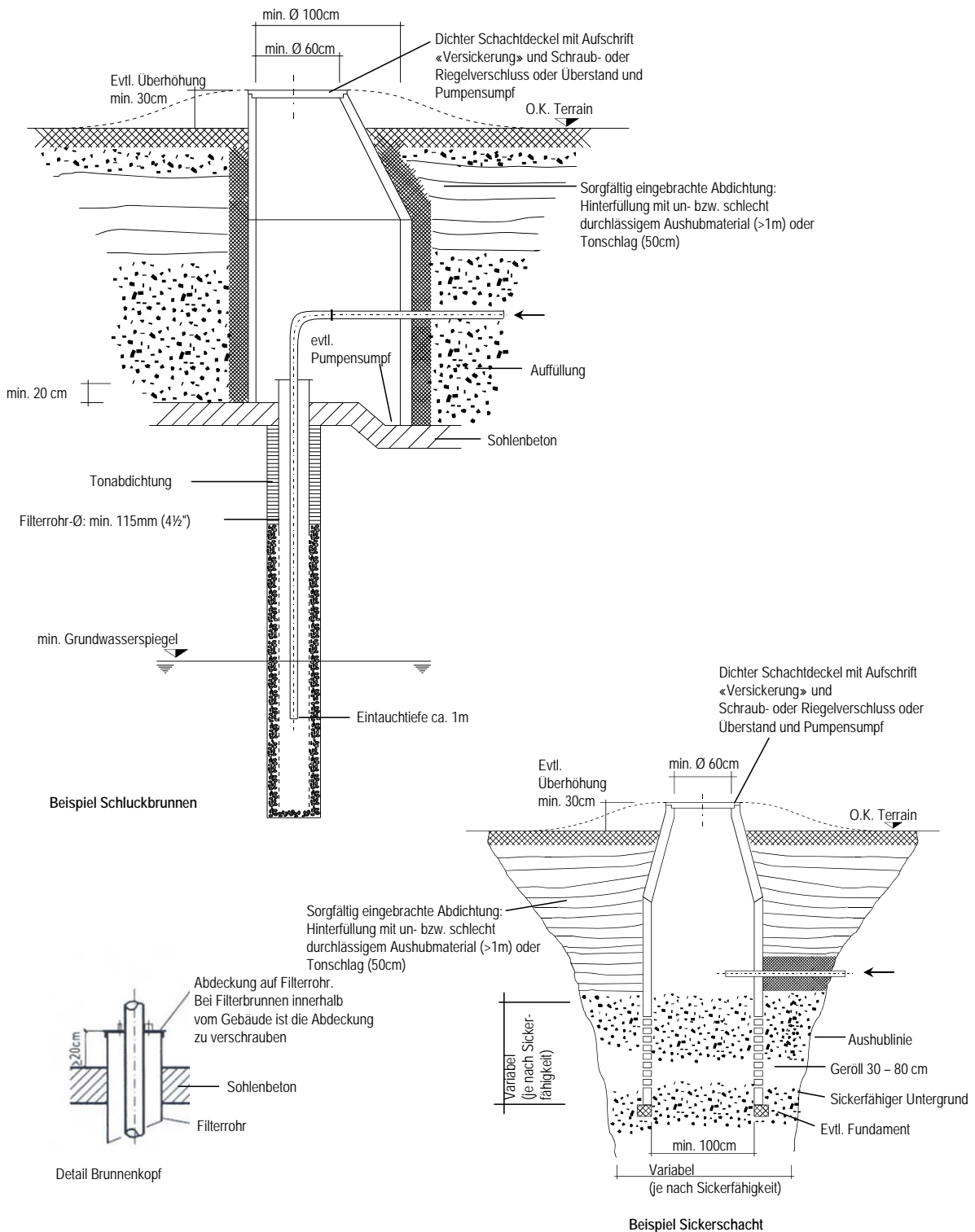
Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.

A2 Schemata

A2-1 Aufbau eines Förderbrunnens



A2-2 Aufbau eines Rückgabebauwerkes



A3 Gesuchsformulare

A3-1 Erdwärmesonden, Erdregister, Wärmekörbe und Energiepfähle

Gesuch um Erteilung der Bewilligung für den Bau und Betrieb einer geschlossenen Wärmenutzungsanlage

Bauherrschaft:

Name und Vorname / Firma:
Strasse: Tel. Nr.:
Gemeinde: PLZ:

Gesuchsteller:

Name und Vorname / Firma:
Sachbearbeiter/in:
Strasse: Tel. Nr.:
Gemeinde: PLZ:
E-Mail:

Rechnungsadresse (wenn nicht identisch mit Bauherrschaft)

Name und Vorname / Firma:
Strasse: Tel. Nr.:
Gemeinde: PLZ:

Bohrprofilaufnahme bzw. hydrogeologische Beratung durch:

Name und Vorname / Firma:
Sachbearbeiter/in:
Strasse: Tel. Nr.:
Gemeinde: PLZ:

Anlagestandort:

Gemeinde: PLZ:
Strasse: Grundstück Nr.:
Koordinaten:(±10 m genau)
Bauobjekt: (EFH/MFH usw.)

Wärmepumpe:

Kältemittel: Menge: kg
 Heizleistung: kW Kälteleistung: kW
 Wärmeeintrag in Boden: Ja Nein el. Leistungsaufnahme: kW (Kühlzwecke)
 Gütesiegel: Ja Nein

Erdwärmesonden:

Bohrfirma:
 Fabrikat EWS: Rohr-Ø: mm
 Anzahl Bohrungen: Stk Tiefe: m
 Hinterfüllungsmaterial: Standardmischung Fertigprodukt:
 Gütesiegel Bohrfirma: Ja Nein Art des Gütesiegel:

Erdregister:

Fabrikat/Typ Erdregister
 Installateur:
 Anzahl Schlaufen: Stk Länge pro Schlaufe m
 Rohrmaterial: Rohr- Ø: mm

Wärmekörbe:

Fabrikat/Typ Wärmekorb
 Installateur:
 Anzahl Wärmekörbe: Stk Tiefe pro Wärmekorb m
 Rohrmaterial: Rohr-Ø: mm

Energiepfähle:

Pfahltyp: Hersteller:
 Bohr-/Lieferfirma:
 Anzahl Energie-Pfähle: Stk Tiefe: m
 Rohrmaterial: Länge pro Pfahl:
 Rohr-Ø: mm

Wärmeträgerflüssigkeit: Füllmenge: Liter
 Konzentration: % Nenndruck: bar
 Beheizung Aussenschwimmbad: Ja Nein

Sicherheitsvorkehrungen und Kontrollmöglichkeiten:

Sondenkreislauf

- Druckwächter/Niveauwächter
- Absperrventile (jede Sonde, jeder Pfahl oder Korb sowie jedes Erdregister muss einzeln absperrbar sein)
- Temperaturanzeige

Ort, Datum:

Unterschriften:

Gesuchsteller:

Für die Bauherrschaft:

.....

zwingend erforderlich

Diesem Formular sind beizulegen:

- Übersichtsplan 1 : 5000 bis 1 : 25'000 mit eingetragenem Anlagestandort
- Auszug Grundbuchplan mit Anlagestandort(en)
- Eingesetztes Hinterfüllungsmaterial

A3-2 Grundwasserwärmenutzung

Gesuch um Erteilung der Bewilligung für Sondierbohrungen und Pumpversuche im Hinblick auf die Erstellung einer Grundwasser-Wärmepumpenanlage

Bauherrschaft

Name und Vorname / Firma:

Strasse: Tel. Nr.:

Gemeinde: PLZ:

Hydrogeologische Beratung:

Name und Vorname / Firma:

Strasse: Tel. Nr.:

Gemeinde: PLZ:

Sachbearbeiter/in: Fax Nr.:

Sondierstandorte:

Gemeinde:

Strasse/Flurname:

Gewässerschutzbereich/Grundwasserschutzzone:

Belasteter Standort/Verdachtsfläche: Ja Nein Nr.

Bei Gewerbe- und Industriearealen Branchenzugehörigkeit:

Grundeigentümer Name und Adresse	Grundstück Nr.	Koordinaten	Bohrtiefe in m	Bohrlochausbau

Beginn der Bohrarbeiten ca.:

Dauer der geplanten Pumpversuche:

Pumpleistung bei Pumpversuchen (min/max in l/min):

Ableitung des abgepumpten Wassers in:

Grundwasser-Analysen geplant: Ja Nein

Datum:

.....

Unterschrift:

.....

Gesuchsteller/in:

.....

Beilagen:

- > Übersichtsplan 1 : 5000 bis 1 : 25'000 mit eingezeichnetem Anlagestandort
- > Auszug Grundbuchplan (z. B. 1 : 500 oder 1 : 1000) mit Lage der Sondierbohrungen
- > Weitere Beilagen: ...

A3-3 Gesuch für die Erteilung einer Bewilligung zum Bau und Betrieb einer Grundwasserwärmenutzungsanlage

Bauherrschaft:

Name und Vorname / Firma:
 Strasse: Tel. Nr.:
 Gemeinde: PLZ:
 E-Mail:

Grundeigentümer/in:

Name und Vorname / Firma:
 Sachbearbeiter/in:
 Strasse: Tel. Nr.:
 Gemeinde: PLZ:

Gesuch eingereicht durch:

Name und Vorname / Firma:
 Strasse: Tel. Nr.:
 Gemeinde: PLZ:

Projektverfasser:

Name und Vorname / Firma:
 Strasse: Tel. Nr.:
 Gemeinde: PLZ:

Hydrogeologische Beratung durch:

Name und Vorname / Firma:
 Sachbearbeiter/in:
 Strasse: Tel. Nr.:
 Gemeinde: PLZ:

Fassungsstandort:

Gemeinde: PLZ:
 Strasse: Grundstück Nr.:
 Koordinaten: (± 10 m genau)
 Bauobjekt: (EFH/MFH usw.)

Wärmepumpenstandort:

Gemeinde: PLZ:
Strasse: Grundstück Nr.:

Wärmepumpe:

Lieferant: Typ:
Kältemittel: Menge: kg
Heizleistung: kW Kälteleistung: kW
Wärmeeintrag ins Grundwasser: Ja Nein el. Leistungsaufnahme: kW (Kühlzwecke)
Gütesiegel: Ja Nein

Zwischenkreislauf:

Wärmeträgerflüssigkeit:

Grundwassernutzung (System indirekt mit Zwischenkreislauf):

Grundwasserpumpe Lieferant: Typ:
Maximale Wasserentnahme:l/min Tiefe: m UKT

Nutzung zu Heizzwecken:

Minimale Wassertemperatur vor Nutzung: °C
Minimale Rückgabetemperatur: °C
Maximale Abkühlung des Wassers: °C
Maximale Wärmeentzugsleistung aus dem Wasser: kW
Maximaler jährlicher Wärmeentzug aus dem Wasser: kWh

Nutzung zur Kühlung:

Maximale Wassertemperatur vor Nutzung: °C
Maximale Rückgabetemperatur: °C
Maximale Erwärmung des Wassers: °C
Maximaler Wärmeeintragsleistung ins Wasser: kW
Maximaler jährlicher Wärmeeintrag in das Wasser: kWh

Sicherheitsvorkehrungen und Kontrollmöglichkeiten:

Wärmepumpe

- Hochdruck-/Niederdruckwächter

Zwischenkreislauf

- Druckwächter
- Manometer
- Expansionsgefäss

Wasserkreislauf

- Temperaturwächter
- Automatisch schliessendes Absperrorgan
- Temperaturmesseinrichtung
- Strömungswächter
- Probenahmehähne

Ort, Datum:

Unterschriften:

Gesuchsteller/in:

Für die Bauherrschaft:

.....

- zwingend erforderlich

Für dieses Projekt der kantonalen Fachstelle eingereichte Dokumente:

- Hydrogeologische Voruntersuchung vom:.....
- Gesuch für die Erteilung einer Bewilligung für Sondierbohrungen und Pumpversuche
inkl. Übersichtsplan und Katasterkopie mit Lage der Sondierbohrungen vom:
- Bohrprotokoll vom:
- Pumpversuchsprotokoll mit Absenkkurve(n) vom:
- Nachweis der gesetzeskonformen Abkühlung/Erwärmung des Grundwassers vom:

A4 Protokolle

A4-1 Bohrprotokoll

Bohrprotokoll / Schichtenverzeichnis

© FWS (Mustervorlage 8.3)

Bewilligungs-Nr.: vom: Auftrags-Nr.:
 Bohrmeister: Objekt: Standort/Gemeinde:
 Bohrbeginn: -ende: Koordinaten: Höhe: Bohrung Nr. von Bohrungen gemäss Lageskizze

Tiefe	Beschreibung des Bohrgutes / Schichtenverzeichnis	Farbe	Wassergehalt			Bohrart	Nass / trocken	Bemerkungen	Gewässerschutz-relevante Vorkommnisse										
			nass	feucht	trocken				S / H	geböhrt	Beobachtungen	WZ	SV	IV	K	G	Tiefe		

..... Endteufe (Bohrteufe)

Bohrgerät:	Verrohrung, Ø				S = Spülbohrung H = Hammerbohrung * = nass geböhrt • = trocken geböhrt	Beprobung: alle m Proben: <input type="checkbox"/> abgeholt <input type="checkbox"/> aufgenommen <input type="checkbox"/> deponiert → wo
Bohrkote: +/- 0.0m Bohrkte	bis Tiefe m					
<input type="checkbox"/> Schrägbohrung: Richtung: Winkel:	Bohrmeissel (Typ, Ø) :					
Datum:	(SM: Stufenmeissel, RM: Rollenmeissel, IH: Imlochhammer, EX: Exzenter)					


Visum Bohrmeister:


Wasserzuhilfe
 Spülungsverluste
 Injektionsverluste
 Kavernen
 Gasverdrängt

A4-2 Prüf- und Abnahmeprotokoll für Erdwärmesonden

Bohrfirma:		Prüf- und Abnahmeprotokoll für Erdwärmesonden								
Objekt:		Auftrag Nr. :								
Erdwärmesonden	Nr.	_____			_____			_____		
Fabrik-Identifikations-Nummer	ID:	_____			_____			_____		
Rollenpaar-Nummer (z.B. 0040)	Nr.	_____			_____			_____		
Länge (eingebauter Sonde)	m	_____			_____			_____		
Durchmesser aussen / Wandstärke	mm	____ / ____			____ / ____			____ / ____		
Durchflussprüfung		Prüfdatum								
		KL1/KL2	KL1	KL2	KL1/KL2	KL1	KL2	KL1/KL2	KL1	KL2
Wasser-Durchflussmenge	l / min									
Druck während Durchfluss	bar									
Bedingung erfüllt:	ja / nein									
Druckprüfung		Prüfdatum								
SN EN 805										
Ablesegenauigkeit 0.01 bar										
Ablauf in Minuten	Prüfdruckverfahren für:	bar	Sollwert KL1/KL2	Istwert KL1	Sollwert KL1/KL2	Istwert KL1	Sollwert KL1/KL2	Istwert KL1	Sollwert KL1/KL2	Istwert KL1
	Sonde mit Wasser verfüllen		8.0		8.0		8.0			
0	Prüfdruck aufbringen	bar	12.0		12.0		12.0			
10	Druck Ende Druckhaltung	bar	12.0		12.0		12.0			
60	Ende stat. Druckabfall (zul. Druckabfall max. 30% v. Prüfdruck)	bar	> 8.4		> 8.4		> 8.4			
	Druck n. Druckabsenkung (Absenkung ca. 2.0 bar)	bar								
	Menge abgelass. Wasser	l								
65	Druck-Ablesung	bar								
75	Druck-Ablesung	bar								
90	Druck Ende Hauptprüfung	bar								
Bedingung erfüllt:	ja / nein									
Hinterfüllung		Datum								
Standard: 100 kg Bentonit, 200 kg Zement, 900 l Wasser		Bentonit	Zement	Wasser	Bentonit	Zement	Wasser	Bentonit	Zement	Wasser
Menge in kg Bentonit, Zement, Wasser										
oder Fertigmischung: Fabrikat, Wasser/100kg										
Gesamtmenge Hinterfüllung in kg										
		ja / nein	Meter UK Terrain		ja / nein	Meter UK Terrain		ja / nein	Meter UK Terrain	
Bis UKT erfüllt ja, bei nein bis Meter UKT										
Abnahme		SIA Norm 118			Polier:			_____		
Ort und Datum:		_____			Bauleitung:			_____		

A4-3 Bohrprofil

Geologisches Profil EWS-Bohrung 1:1000 (0 – 200 m)				
	Objekt:		Ausführungsdatum:	
	Bauherr:		Koordinaten:	
	Bohrfirma:		Kote OK Terrain:	
	Geräteführer:		Geol. Aufnahme	
Bohrart	Geologische Identifikation	Tiefe (m.u.T.)	Lithologische Beschreibung	Bemerkungen
				Temporäre Verrohrung Bis m.u.T. Permanente Verrohrung Bis m.u.T. Spülungsverluste - bei ca. m.u.T. - bei ca. m.u.T. kleinere Wasserzutritte - bei ca. m.u.T. - bei ca. m.u.T. Anderes:
				Ref.Nr.:
				Projekt:
				Datum:
				Zeichen

Geologisches Profil EWS-Bohrung 1:1000 (200 – m)				
	Objekt:		Ausführungsdatum:	
	Bauherr:		Koordinaten:	
	Bohrfirma:		Kote OK Terrain:	
	Geräteleiter:		Geol. Aufnahme	
Bohrart	Geologische Identifikation	Tiefe [m.u.T.]	Lithologische Beschreibung	Bemerkungen
				
				Ref.Nr.:
				Projekt:
				Datum:
				Zeichen

A5 Hinweise an die Bauherrschaft

Bei der Erstellung einer Erdwärmesonde ist zu beachten, dass das Standortrisiko bei der Bauherrschaft liegt. Sollten bei einer Bohrung Probleme mit gespanntem Grundwasser oder Erdgas auftreten, ist die Bauherrschaft für deren Behebung verantwortlich, was sehr teuer werden kann. Der Abschluss einer entsprechenden Versicherung ist daher dringend zu empfehlen.

Alle erdverlegten geschlossenen Systeme sind durch selbsttätige Leckageüberwachungseinrichtungen zu sichern. Im Falle einer Leckage wird die Umwälzpumpe sofort abgeschaltet und ein Störsignal abgegeben. Der Betreiber der Anlage hat regelmässig zu prüfen, ob aus der Anlage Wärmeträgerflüssigkeit austritt. In diesem Fall ist die Anlage unverzüglich ausser Betrieb zu nehmen.

Bei Ausserbetriebnahme solcher Systeme ist die Wärmeträgerflüssigkeit auszuspülen und ordnungsgemäss zu entsorgen. Die Sonde ist vollständig mit einem aushärtenden Material zu verpressen. Die ordnungsgemässe Stilllegung ist der kantonalen Bewilligungsbehörde anzuzeigen.

A6 Liste der Wärmeträgerflüssigkeiten

Als Wärmeträger geeignet sind Produkte, welche die folgenden Basisstoffe enthalten:

- > Propylenglykol
- > Ethylenglykol
- > Polyethylenglykol
- > Ethylalkohol (Ethanol)
- > Methylalkohol (Methanol)
- > Calciumchlorid
- > Magnesiumchlorid
- > Kaliumchlorid
- > Kaliumcarbonat
- > Kaliumacetat
- > Kaliumformiat
- > Natriumchlorid
- > Natriumcarbonat

In Wärmeträgerflüssigkeiten dürfen als Zusatzstoffe (z. B. als Korrosionsinhibitor) keine biologisch schwer abbaubaren Stoffe, keine chlorierten Verbindungen und keine Schwermetallsalze verwendet werden.

A7 Anforderungen an die Hinterfüllung von Erdwärmesonden

Die Hinterfüllung von Erdwärmesonden muss folgenden Anforderungen genügen:

1. Stabilität der Mischung
 - Die Mischung soll genügend thixotrop sein und weder Sedimentation noch Entmischung ermöglichen
 - Absetzmass: max. 2 % der Bohrtiefe bzw. max. 5m
2. Maximaler Durchlässigkeitsbeiwert
 - $K_f \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s
3. Dichte der fertigen Suspension:
 - Keine Dichtevorgabe bei Fertigmischungen. Der Hersteller gibt eine minimale Dichte der Suspension an. Die Mischungsvorgaben des Herstellers sind zwingend einzuhalten.
 - Baustellenmischung: spezifisches Gewicht der Suspension von 1,1–1,2 g/cm³ beim Eintritt in das Bohrloch.
 - Es muss ein Mischprotokoll verwendet werden. Kontrolle des Mischungsgewichtes auf Baustelle mit Haushaltswaage und Einheitsgefäss
4. Dauerhaftigkeit
 - Sulfatbeständigkeit: muss in Gebieten mit sulfathaltigem Gestein garantiert sein. Vorgabe durch Fachstellen.
5. Anfangs- und Endfestigkeit
 - Druckfestigkeit nach 3 Tagen: $\geq 0,3$ N/mm²
 - Druckfestigkeit nach 7 Tagen: $\geq 1,0$ N/mm²
 - Druckfestigkeit nach 28 Tagen: $\geq 1,5$ N/mm²
6. Umweltverträglichkeit
 - Die Bestandteile der Hinterfüllung dürfen nicht umweltgefährdend sein.
7. Wärmeleitfähigkeit
 - Keine Vorgaben
8. Fliessfähigkeit, Pumpbarkeit
 - Keine Vorgaben
9. Frostsicherheit
 - Vorläufig keine Vorgaben
 - Falls notwendig können solche Vorgaben durch die Fachverbände empfohlen und durch die Gewässerschutzfachstellen angeordnet werden.

FWS-Standardmischung für die Hinterfüllung:

100 kg Bentonit + 200 kg Zement + 900 kg Wasser = 1 m³ Suspension

A8 Empfehlungen zum Bewilligungsverfahren

Diese Empfehlungen beziehen sich insbesondere auf die gewässerschutzrechtliche Bewilligung.

Vorabklärung

Der interessierte Bauherr klärt durch Anfrage mit Angabe der genauen Koordinaten bei der kantonalen Gewässerschutzfachstelle ab:

- > ob eine geplante Anlage am gewünschten Standort aus gewässerschutzrechtlicher Sicht zulässig oder unzulässig ist und
- > ob für die Beurteilung weitere Abklärungen notwendig sind.

Empfohlene Abklärungen für eine Grundwasserwärmenutzung:

- > Ausdehnung, Mächtigkeit und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters
- > Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung
- > Fliessrichtung und Fliessgeschwindigkeit
- > Natürlicher thermischer Zustand des Grundwassers
- > Thermischer Ist-Zustand des Grundwassers
- > Abschätzung des thermischen Potenzials
- > Jahresganglinien der Grundwasserspiegelhöhen und des Temperaturverlaufs
- > Sauerstoffgehalt und spezifische elektrische Leitfähigkeit des Grundwassers
- > Chemismus des Grundwassers
- > Abschätzung der Ausdehnung der Warm- bzw. Kaltwasserfahne
- > Abschätzung der Auswirkungen auf andere Nutzungen
- > Auswirkungen auf Rechte Dritter (z. B. Setzungen)
- > Beurteilung der Gesetzeskonformität der geplanten Anlage

Für die kantonale Genehmigung der notwendigen Sondierbohrungen und Pumpversuche kann das Formular A3-2 verwendet werden.

Gesuchseinreichung

Inhalt des Gesuchs:

- > Resultate der Vorabklärung
- > Projektbeschreibung (Formulare A3-1 oder A3-3)

Bewilligungserteilung

Die baurechtliche und gewässerschutzrechtliche Bewilligung sind zu koordinieren. Eine Baubewilligung darf nur erteilt werden, wenn die Voraussetzungen für die Erteilung der gewässerschutzrechtlichen Bewilligung erfüllt sind.

Der Entscheid über die gewässerschutzrechtliche Bewilligung enthält für:

-
- > Erdwärmesonden die Auflagen gemäss Kapitel 3.3 und wo nötig 3.4
 - > Erdregister, Wärmekörbe, Energiepfähle die Auflagen gemäss Kapitel 4.3
 - > Grundwasserwärmenutzung die Auflagen gemäss Kapitel 5.3 und wo nötig 5.4.

Ohne Baubewilligung darf mit den geplanten Arbeiten nicht begonnen werden.

Wenn Erdwärmesonden Wärme aus Grundwasserleitern beziehen oder in diese abgeben, so kann eine kantonale Wassernutzungskonzession notwendig sein.

Ausführung und Dokumentation

Die allgemeinen Bestimmungen und Auflagen der Bewilligungsbehörden müssen vorbehaltlos erfüllt werden. Die Einhaltung der Bestimmungen und Auflagen ist durch die Behörde zu überwachen und durchzusetzen.

Der Behörde ist der Beginn der Bohrarbeiten vor Bohrbeginn sowie Probleme mit Gas oder gespanntem Wasser unverzüglich zu melden.

Der Gesuchsteller zeigt die Inbetriebnahme der Anlage unter Aktualisierung der im Gesuch gemachten Angaben (z. B. durch Einreichung der Bohr- und Abnahmeprotokolle, vgl. A4) der Behörde an.

> Verzeichnisse

Glossar

Artesisch

Als artesisch gespannt bezeichnet man ein Grundwasser, dessen Grundwasser-Druckfläche über der Geländeoberfläche liegt.

Bohrprofil

Geologische Beschreibung der Aufeinanderfolge, der Mächtigkeit und Ausbildung der durchörterten Formationen über die Tiefe der Bohrung. Zuordnung der angetroffenen Schichten zu den stratigraphischen Einheiten.

Das Bohrprofil wird vom beauftragten Geologen anhand des Bohrkleins erarbeitet. Ist keine geologische Begleitung vorgesehen, wird durch den Bohrmeister ein vereinfachtes Profil erstellt

Bohrprotokoll

Vom Geräteführer (Bohrmeister) verfasstes Protokoll über den Bohrverlauf. Das Bohrprotokoll enthält ein vereinfachtes Bohrprofil.

Erdwärme

Im Gestein des Untergrundes enthaltene thermische Energie. Die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde.

Geothermischer oder terrestrischer Wärmefluss

Der vom heißen Erdinneren zur kühleren Erdoberfläche vertikal gerichtete natürliche Wärmefluss durch Wärmeleitung. Er definiert sich aus dem Produkt von Temperaturgradient und Wärmeleitfähigkeit.

Grundwasser

Wasser, das die natürlichen Hohlräume (Poren, Spalten, Klüfte) im Untergrund zusammenhängend ausfüllt. Das Grundwasser wird durch versickernde Niederschläge und Infiltration von Oberflächenwasser gebildet und bewegt sich ausschliesslich unter dem Einfluss der Schwerkraft.

Grundwasserleiter

Wassergesättigter Teil einer hydrogeologischen Einheit, die geeignet ist, Grundwasser aufzunehmen und weiterzuleiten und von ihrer Ausdehnung, Mächtigkeit und Durchlässigkeit her eine Grundwassernutzung zulässt. Massgebend für die obere Begrenzung des Grundwasserleiters ist der höchstmögliche Grundwasserspiegel. Grundwasserleiter können sowohl aus Lockergesteinen (Kiese, Sande usw.) wie auch aus geklüfteten oder verkarsteten Festgesteinen (Kalk- und Dolomitgesteine usw.) bestehen.

Grundwasserstauer

Hydrogeologische Einheit, die Grundwasser aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit nicht leitet.

Grundwasserstockwerkbau

Grundwasser führende Schichten wechseln sich mit gering durchlässigen grundwasserstauenden Schichten ab. So entstehen stockwerkartig sich überlagernde hydrogeologische Einheiten. Tiefere Grundwasserstockwerke werden in der Regel durch Zusickerungen aus den oberen Horizonten oder durch unterirdische seitliche Zuflüsse gespeist.

Karst, Karstgebiet

Gesteinsformation, in der infolge von Lösungsvorgängen durch kohlen-säurehaltiges Wasser im Gestein Hohlräume von erheblichem Volumen – bis hin zu Höhlen – geschaffen wurden. Verkarstungsfähige Gesteine sind Karbonatgesteine (Kalk, Dolomit) und Evaporite (Gips, Steinsalz).

Abbildungen

Abb. 1	Einflussbereich des solaren und terrestrischen Wärmeflusses	25
Abb. 2	Prinzipschema der Wärmepumpe:	26
Abb. 3	Prinzipschema einer Erdwärmesondenanlage mit Angaben zu den Temperaturen im Untergrund und innerhalb des Systems	27
Abb. 4	Prinzipschema einer Wärmepumpenanlage mit Erdregister	28
Abb. 5	Prinzipschema einer Wärmepumpenanlage mit Wärmekörpern	29
Abb. 6	Prinzipielle Darstellung einer Grundwasser-Wärmepumpenanlage	30

Tabellen

Tab. 1	Referenztablette Wärmenutzung aus Boden und Untergrund	11
---------------	--	----

Literatur

BUWAL 2004: Wegleitung Grundwasserschutz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 141 S. Bestellnummer: VU-2508-D. www.umwelt-schweiz.ch

Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein SIA 2000: Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile ausserhalb von Gebäuden. Schweizer Norm SNEN 805:2000. Zürich. www.sia.ch.

Weitere Literatur

Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen AWP 2007:
T1: Wärmepumpenheizungsanlage mit Erdwärmesonden. Technische Arbeitsblätter AWP. Zürich. <http://www.awpschweiz.ch/>

Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen AWP 2007:
T2: Wärmepumpenheizungsanlage mit horizontalen Erdkollektoren, Erdwärmekörpern und Kompaktkollektoren. Technische Arbeitsblätter AWP. Zürich. <http://www.awpschweiz.ch/>

Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen AWP 2007:
T3: Wärmequellennutzung Grundwasser. Technische Arbeitsblätter AWP. Zürich. <http://www.awpschweiz.ch/>

Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen AWP 2007:
T9: Kühlen mit Wärmepumpen. Technische Arbeitsblätter AWP. Zürich. <http://www.awpschweiz.ch/>

Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz FWS 2004: Reglement Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen. Bern. www.fws.ch

Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein SIA 1996: Grundlage zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. SIA-Dokumentation D0136. Zürich. www.sia.ch

Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein SIA 2003: Energie aus dem Untergrund. Erdreichspeicher für moderne Gebäudetechnik. SIA-Dokumentation D0179. Zürich. www.sia.ch

Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein SIA 2005: Energetisch genutzte Geostrukturen. SIA-Dokumentation D0190. Zürich. www.sia.ch

Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein SIA: Erdwärmesonden. SIA-Norm in Vorbereitung. SIA 384/6. Zürich. www.sia.ch

VDI-Richtlinie 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes, Blatt 1: Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte, Entwurf, Juni 2008. Blatt 2: Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen, September 2001 (in Überarbeitung). Beuth Verlag GmbH, Berlin. www.beuth.de