



ENERGIENUTZUNG

aus Untergrund und Grundwasser

Planungshilfe | Juni 2010



Inhalt

3 Überblick und Strategie

Alternative Energie mit grossem Potenzial
Wasser ist unser wichtigstes Lebensmittel

6 Wärmenutzungsatlas

8 Untiefe Geothermie

Übersicht
Erdwärmesonden
Thermoaktive Elemente
Erdregister und Erdwärmekörbe

12 Wärmenutzung aus Grundwasser

Übersicht
Besondere gesetzliche Bestimmungen
Allgemeine Anforderungen
Konzessionsverfahren

18 Tiefe Geothermie

Diese Planungshilfe richtet sich vor allem an Fachleute im Bereich der Erd- und Grundwasserwärmenutzung und an interessierte Bauherrschaften, aber auch an kommunale Behörden in den Bereichen Bau und Energie.

Überblick und Strategie

Alternative Energie mit grossem Potenzial

Das Wärme- und Kältepotenzial des Untergrunds und des Grundwassers ermöglicht eine umweltschonende und nachhaltige Energiegewinnung. Diese CO₂-arme Energienutzung für Heizung und Kühlung gewinnt sowohl wirtschaftlich als auch aus Klimaschutzgründen durch den Ersatz von fossilen Energieträgern zunehmend an Bedeutung.

Die Gewinnung von Kälte und Wärme aus dem Untergrund und Grundwasser birgt aber auch die Gefahr, Grund- und Trinkwasser zu verschmutzen. Unser wichtigstes Lebensmittel ist Wasser. Den Hauptteil unseres Bedarfs decken wir mit Grundwasser. Dessen Schutz hat deshalb oberste Priorität, so dass auch künftige Generationen die unterirdischen Gewässer für die Trinkwassergewinnung nutzen können. Die vorliegende Planungshilfe zeigt auf, wie die Energie aus dem Untergrund unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes und der Energiepolitik genutzt werden kann.

Mit der Vollzugshilfe «Wärmenutzung aus Boden und Untergrund» des Bundesamtes für Umwelt (BAFU, 2009, www.bafu.admin.ch) werden die Kantone eingeladen, planerische Grundlagen für die Wärmenutzung zu schaffen und die in den einzelnen Gebieten zulässigen Wärmegegewinnungssysteme näher zu bezeichnen. Im Rahmen der kantonalen Wärmenutzungsplanung erarbeitete das AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft einen Atlas für das gesamte Kantonsgebiet, welcher die Zulässigkeit der verschiedenen Grundwasser- und Erdwärmennutzungs-systeme (Erdwärmesonden, thermoaktive Elemente, Erdregister und Erdwärmekörbe) festlegt. Die Ergebnisse sind im Wärmenutzungs-atlas dargestellt und auf dem Internet für jedermann einsehbar.

Die folgende Tabelle zeigt in genereller Weise auf, in welchen Gebieten die verschiedenen Systeme zur Wärmenutzung zulässig sind.

Grundwassergebiet	Gewässerschutzbereich, Grundwasserschutzzone	Erdwärmesonden	Thermoaktive Elemente, Erdregister, Energiekörbe	Grundwasser-Wärmenutzung
Schotter-Grundwasservorkommen, geeignet für die Trinkwassergewinnung	S		1)	
	A _u		2)	2)
Schotter-Grundwasservorkommen ungeeignet für die Trinkwassergewinnung	A _u	2)	2)	2)
Gebiete ausserhalb von nutzbaren Grundwasserleitern	ausserhalb A _u			

S Grundwasserschutzzone


A_u Gewässerschutzbereich zum Schutz unterirdischer Gewässer

grundsätzlich nicht zulässig
1) Ausnahmen unter bestimmten Bedingungen möglich

grundsätzlich zulässig (Bewilligung/Konzession erforderlich)
2) unter Einhaltung von speziellen Bedingungen

Grundwasservorkommen im Kanton Zürich



 Schotter-Grundwasservorkommen:
Geeignet für die Grundwasserwärmenutzung und Trinkwassergewinnung

Wasser ist unser wichtigstes Lebensmittel



Gutes Trinkwasser: Erfrischend und belebend

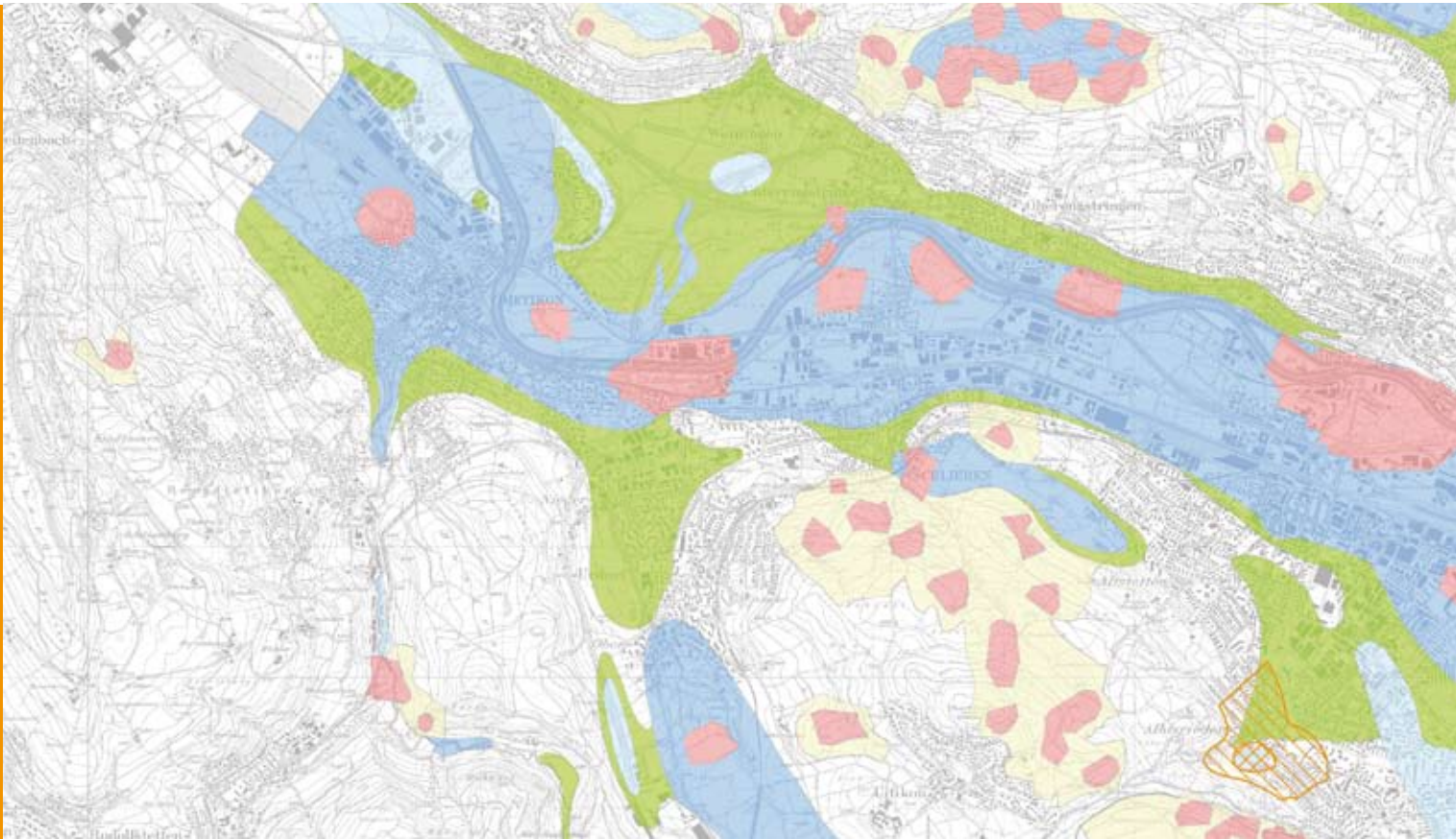
Das im Untergrund zirkulierende Grundwasser deckt im Kanton Zürich rund 60 % des Trink- und Brauchwasserbedarfs. Es ist damit der wichtigste Rohstoff für die Trinkwassergewinnung und ermöglicht eine einwandfreie, kostengünstige Wasserversorgung. Pro Tag liefern die zürcherischen Grund- und Quellwasserfassungen durchschnittlich ca. 250 Millionen Liter Wasser, das in der Regel ohne Aufbereitung als Trinkwasser an die Bevölkerung abgegeben werden kann.

Grundwasser inkl. Quellwasser	aufbereitetes Seewasser
60%	40%

Herkunft des Trinkwassers im Kanton Zürich

Damit die zumeist gute Qualität unseres Grund- bzw. Trinkwassers auch für künftige Generationen erhalten werden kann, müssen unsere Grundwasservorkommen umfassend und konsequent vor nachteiligen Einwirkungen geschützt werden. Die mit der thermischen Nutzung des Grundwassers und des Untergrundes verbundenen Gefahren gilt es durch verschiedene Massnahmen soweit zu minimieren, dass eine Gefährdung der Wasserqualität langfristig ausgeschlossen werden kann. Diesem wichtigen Grundsatz trägt der Kanton bei seiner Wärmenutzungsplanung und bei der Erteilung von Konzessionen und Bewilligungen für Anlagen zur Warmegewinnung in gebührender Masse und mit der notwendigen Weitsicht Rechnung.

Wärmenutzungsatlas

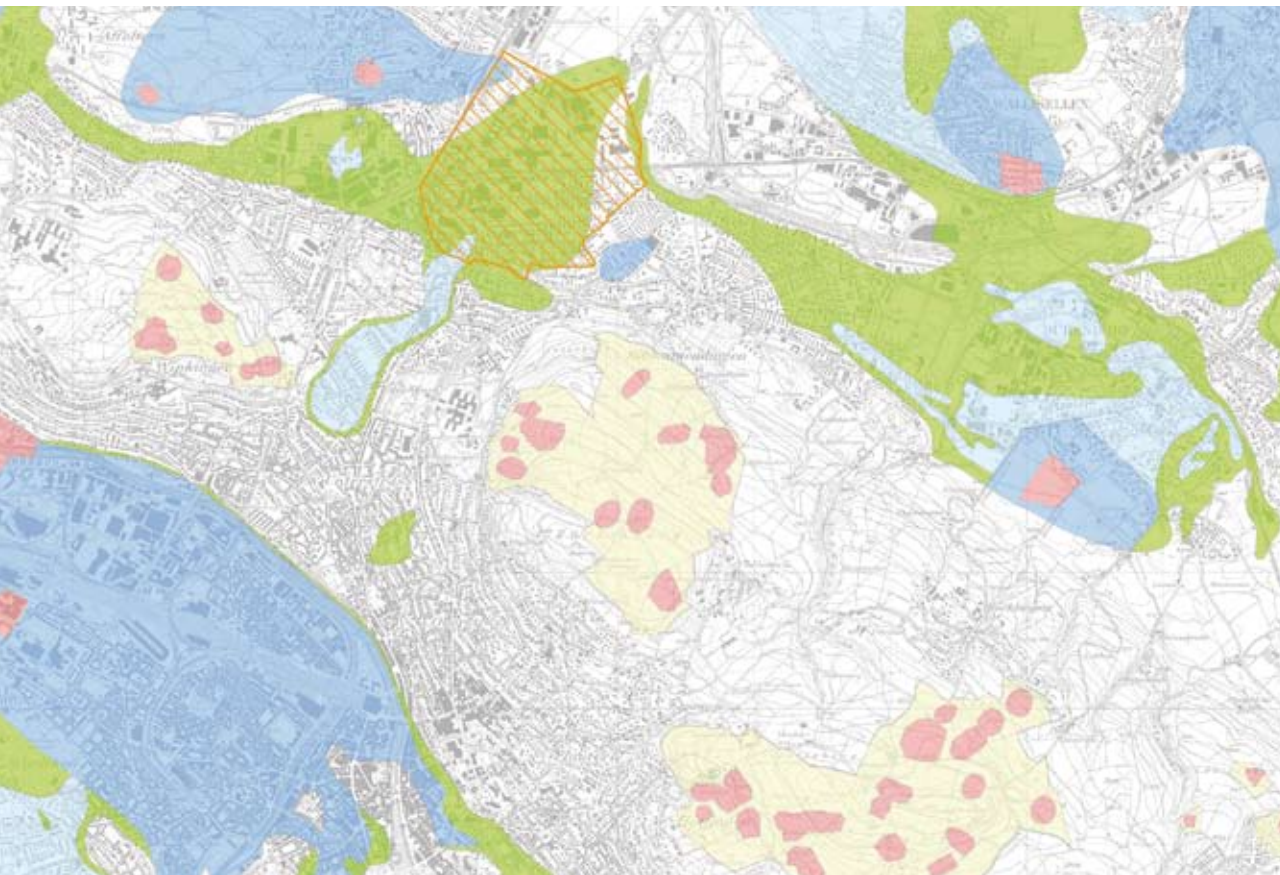


Ausschnitt aus dem Wärmenutzungsatlas (www.gis.zh.ch/gb/gbwna.asp)

Wärmenutzung aus dem Untergrund: Zulässigkeiten

Gebiet gemäss Grundwasserkarte	Gewässerschutzbereich Grundwasserschutzzone	Zone gemäss Wärmenutzungsatlas	Erdwärmesonden	Thermoaktive Elemente, (Energiepfähle Bodenplatten, usw.)	Erdregister, Energiekörbe mit flüssigen Wärmeträgern	Erdregister, Energiekörbe mit Luft betrieben	Grundwasser-Wärmenutzung
Schotter-Grundwasservorkommen, geeignet für die Trinkwassergewinnung	S	A	–	– (a)	– (a)	– (a)	–
	A _u	B	–	+ (b)	+ (b)	+ (d)	+ (e)
Schotter-Grundwasservorkommen in denen Trinkwassergewinnung nicht geeignet ist	A _u [*]	C	+ (c)	+ (b)	+ (b)	+ (d)	+ (f)
	i.d.R. A _u ^{**}	D	+	+ (b)	+ (b)	+	+ (f)
Quellwassergebiete geeignet für Trinkwassergewinnung	A _u	E	+ (c)	+ (b)	+ (b)	+ (d)	+ (e)
Ausserhalb von nutzbaren Grundwasservorkommen	i.d.R. üB	F	+	+	+	+	+ (g)

*ergiebiger Aquifer **wenig ergiebiger Aquifer



–	Grundsätzlich nicht zulässig
+	Grundsätzlich zulässig
a	Anlagen in Schutzzone S3 und künftigen S3 in Schutzarealen zulässig, wenn Unterkante Anlage mind. 2 m über dem höchsten Grundwasserspiegel HHW; nur Wasser oder Luft als Wärmeträger, keine Direktverdampferanlagen
b	Die Unterkante der Anlage muss mindestens 2 m über dem höchsten Grundwasserspiegel HHW liegen
c	I.d.R. mit Auflagen zum Schutz des Grundwasserleiters (z.B. Verrohrung, Abdichtung, Tiefenbegrenzung)
d	Die Unterkante der Anlage muss über dem mittleren Grundwasserspiegel MW liegen
e	Minimale Anlagegrösse: Kälteleistung 150 kW bzw. 100 kW bei Minergie; übrige Bewilligungskriterien gemäss Kapitel «Wärmenutzung aus Grundwasser»
f	Minimale Anlagegrösse: Kälteleistung 50 kW; übrige Bewilligungskriterien gemäss Kapitel «Wärmenutzung aus Grundwasser»
g	Kleinanlagen zulässig; Grundwasser-Wärmenutzung i.d.R. aus hydrogeol. Gründen nicht möglich; übrige Bewilligungskriterien gemäss Kapitel «Wärmenutzung aus Grundwasser»
////	Spezielle Auflagen für Erdwärmesonden
XXXX	Erdwärmesonden aus speziellen hydrogeologischen Gründen (z. B. Arteser) nicht zulässig

Der Wärmenutzungsatlas dient als Vollzugs- und Planungshilfe. Er ist über das Internet zugänglich und gibt für jeden Standort im Kanton in genereller Weise Auskunft, ob eine Wärmenutzung aus dem Untergrund und dem Grundwasser zulässig ist. Er gibt jedoch keine Auskunft über das örtlich nutzbare Energiepotential. Der Wärmenutzungsatlas ersetzt die bisher gültige Erdsondenkarte und umfasst neu sämtliche Arten von Wärmenutzungssystemen. Die Karte mit erläuternden Hinweisen zu den einzelnen Zulässigkeitsgebieten ist unter www.gis.zh.ch/gb/gbwna.asp einsehbar. Die Systeme zur Wärmenutzung und die entsprechenden Bewilligungsverfahren werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

Untiefe Geothermie



Übersicht

Erdsondenbohrung

Anwendungsbereich

Die im Untergrund gespeicherte Wärme wird als Erdwärme oder geothermische Energie bezeichnet. Bei Nutzungen bis rund 400 m Tiefe spricht man von untiefer Geothermie. Die in diesem Tiefenbereich vorhandene Wärme eignet sich aufgrund ihrer Temperatur von bis zu maximal etwa 20 °C zur Nutzung mittels Wärmepumpen für die Raumheizung und die Warmwasseraufbereitung.

Für die nachhaltige Gewinnung von Wärme und Kälte stehen verschiedene Systeme zur Auswahl. Am weitesten verbreitet sind Erdwärmesondenanlagen. Seit einiger Zeit gewinnen auch vermehrt sogenannte thermoaktive Elemente für die Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden an Bedeutung (Energiepfähle, Bodenplatten als Wärmetauscher usw.). Daneben kann die vorhandene Erdwärme durch weitere, oberflächennahe Systeme wie Erdregister oder Erdwärmekörbe nutzbar gemacht werden.

Aspekte des Grundwasserschutzes

Durch Erdwärmesonden-Bohrungen können Verbindungen im Untergrund geschaffen werden, die unter Umständen einen unerwünschten Wasseraustausch zwischen Grundwasserstockwerken mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Folge haben können. Zudem besteht bei der Erstellung von Erdwärmesonden eine gewisse Gefährdung des Grundwassers. Nahe gelegene Quellen sowie artesisch gespannte Grundwasservorkommen können durch den Bohrvorgang beeinträchtigt werden. Auch eine ungenügende Verfüllung des Bohrlochs kann sich negativ auswirken.

Erdregister, Erdwärmekörbe und Energiepfähle sowie andere thermoaktive Elemente sind aus der Sicht des Grundwasserschutzes in der Regel weitgehend unproblematisch, sofern in Gebieten mit Schotter-Grundwasservorkommen ein Abstand von 2 m zum höchstmöglichen Grundwasserspiegel eingehalten wird.

Anlagen mit Direktverdampfung sind nur zulässig, wenn im Zirkulationskreislauf als Zusatz wenig wassergefährdende, leicht abbaubare Schmier- und Kältemittel verwendet werden.

Erdwärmesonden

Funktionsprinzip

Erdwärmesonden nutzen die im Untergrund gespeicherte Wärme. In rund 15 m Tiefe herrschen weitgehend konstante Temperaturen, welche je nach Höhenlage zwischen etwa 9 und 12 °C variieren. Mit der Tiefe nimmt die Temperatur des Untergrundes um etwa 3 °C pro hundert Meter zu. Damit sind ideale Voraussetzungen für eine energieeffiziente Nutzung mittels Wärmepumpen gegeben.

Die Erdwärmesonde wird zumeist in einem vertikalen Bohrloch bis maximal etwa 400 m Tiefe versetzt. Das Bohrloch wird anschliessend mit einer Zement-Bentonit-Suspension unter Druck von unten nach oben verfüllt. Die Bohrlochhinterfüllung garantiert einen optimalen Wärmeaustausch der Sonde mit dem umgebenden Untergrund. Zudem werden auf diese Weise - ein fachgerechter Ausbau vorausgesetzt - unerwünschte Wasserwegsamkeiten entlang dem Bohrloch verhindert.

Die Sonde besteht meistens aus einem Doppel-U-Kunststoffrohr (Polyethylen). Im Sondenkreislauf zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit aus einem Wasser/Glykol-Gemisch. Bei mehr als ca. 200 m tiefen Sonden ist auch die Verwendung von reinem Wasser möglich. Als neue Technologie sind zur Zeit Erdwärmesonden mit CO₂ als Wärmeträgerflüssigkeit in der Erprobung.

Die Wärmeträgerflüssigkeit nimmt im tieferen Sondenbereich die im Untergrund gespeicherte Wärme auf, welche in einem Wärmetauscher der Flüssigkeit (Primärkreislauf) wieder entzogen wird. Über eine Wärmepumpe (Sekundärkreislauf) wird die Temperatur durch Komprimierung noch erhöht, so dass die gewonnene Wärme zum Heizen genutzt werden kann. Umgekehrt können Erdwärmesonden auch zum Kühlen, meist unter Umgehung der Wärmepumpe («Free Cooling»), genutzt werden.



Einführen der Erdsonde ins Bohrloch

Erdwärmesondenfelder

Neben Einzelsonden zur Wärmeversorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern kommen bei grossen Überbauungen, Industrie- und Bürogebäuden zunehmend Erdwärmesondenfelder als kombinierte Systeme zum Heizen und Kühlen zur Anwendung. Diese bestehen aus Gruppen von Erdwärmesonden mit meist unterschiedlicher Tiefe, die zu einem oder mehreren Kreisläufen zusammengeschlossen und direkt zum Kühlen («Free Cooling») oder über Wärmepumpenanlagen zum Heizen genutzt werden.

Die Funktionsweise der Erdwärmesondenfelder basiert meistens auf einem zyklischen Betrieb mit saisonaler Wärmenutzung im Winter (Heizen) und Kältenutzung im Sommer (Kühlen). Beim Bau von grossen Erdwärmesondenfeldern ist es wichtig, den zeitlichen Verlauf des Leistungsbedarfs möglichst genau zu bestimmen, um das Konzept der saisonalen Energiespeicherung zu optimieren. Damit kann ein beträchtlicher Teil des sommerlichen Wärmeeintrags im Winter wieder zum Heizen genutzt werden.

Zulässigkeit von Erdwärmesonden

Ausserhalb kartierter Grundwassergebiete und in Grundwasservorkommen, die sich nicht für die Trinkwassergewinnung eignen, sind Erdwärmesondenanlagen grundsätzlich zulässig. In Grundwassergebieten, in denen Erdsonden zugelassen sind, sind diese in der Regel im Bereich der Grundwasser führenden Schichten mit einer permanenten Schutzverrohrung zu versehen. In Gebieten mit artesisch gespannten Grundwasservorkommen sind Erdsonden entweder nicht oder nur unter speziellen Vorsichtsmassnahmen zulässig. Im Bereich tief liegender Grundwasserleiter und Mineralwasservorkommen dürfen Erdsonden nicht oder nur bis in eine bestimmte Tiefe eingebaut werden.

Die Dimensionierung und Festlegung der technischen Anforderungen für die Planung und den Bau von Erdwärmesondenanlagen hat gemäss SIA-Norm 384/6 «Erdwärmesonden» zu erfolgen.

Für die Erstellung und den Betrieb von Erdwärmesondenanlagen ist eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung des AWEL erforderlich (Informationen unter www.erdsonden.zh.ch).

Thermoaktive Elemente

Grundsätzlich können alle mit dem Untergrund in Berührung stehenden Bauteile aus Beton auch als Wärmetauscher verwendet werden. Bei dieser Nutzung von oberflächennaher Geothermie dient der Untergrund häufig als saisonaler Energiespeicher für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden.

Thermoaktive Elemente umfassen verschiedenartige, im Untergrund platzierte Gebäude- und Anlageteile wie Bodenplatten, Kellerwände, Schlitzwände und Pfahlfundationen, also erdberührte Betonbauteile, die wie Erdregister und Erdwärmekörbe zum Heizen und Kühlen, insbesondere zur Konditionierung der Frischluft bei künstlicher Belüftung, genutzt werden können.

Die Wärmenutzung mit Hilfe dieser Elemente gewinnt stetig an Bedeutung und findet in verschiedenen Anlagegrössen bei Neubauten von Einfamilienhäusern bis zu Grossüberbauungen Anwendung.

Energiepfähle

Armierter Beton-Bohrpfähle oder Rammfähle für die Fundation von Gebäuden lassen sich als sogenannte Energiepfähle ausbilden. Ähnlich wie bei Erdwärmesonden werden in diesem Fall im Innern der Pfähle doppel- oder vierfach-U-Rohre aus Polyethylen eingebaut und mit Beton ummantelt. In den U-Rohren zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit, die dem Boden über eine Wärmepumpe Wärme entziehen bzw. Kälte zuführen kann.

Die thermische Nutzung von Pfahlfundationen erlaubt in vielen Fällen ein effizientes Heiz- und Kühlkonzept für grössere Gebäude. Der Wirkungsgrad der Anlagen wird massgeblich durch den vorhandenen Wärmenachfluss bestimmt. Eine Abkühlung des Untergrunds bis unter den Gefrierpunkt ist wegen der Gefahr von Frostschäden und insbesondere der damit verbundenen Abnahme der Pfahltragfähigkeit unbedingt zu vermeiden.

Zulässigkeit von thermoaktiven Elementen (inklusive Energiepfählen)

Thermoaktive Elemente sind auch in Gebieten mit Schotter-Grundwasservorkommen, die sich für die Trinkwassergewinnung eignen, zulässig. Dies allerdings nur, wenn sie mindestens 2 m über dem höchsten Grundwasserspiegel liegen (Grundwasserkarte Hochwasserstand unter www.grundwasser.zh.ch/karten).

Thermoaktive Elemente werden grundsätzlich im ordentlichen Baubewilligungsverfahren behandelt. Wenn die Elemente mit flüssigen Wärmeträgern betrieben werden, ist für deren Erstellung und den Betrieb eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung des AWEL erforderlich (Informationen unter www.erdwaerme.zh.ch).



Bohrpfähle als Energiepfähle



Erdregister unter Bodenplatte

Erdregister und Erdwärmekörbe

Erdregister und Erdwärmekörbe nutzen die oberflächennahe Geothermie bis in ca. 4 m Tiefe. Die beiden Systeme brauchen viel Platz und werden deshalb vor allem bei Neubauten von Einfamilienhäusern eingesetzt. Wie bei Erdwärmesonden zirkuliert dabei eine Wärmeträgerflüssigkeit in den horizontal verlegten Leitungen des Erdregisters oder den spiralförmig im zylindrischen Erdwärmekorb aufgewickelten Kunststoffrohren und entzieht dem Untergrund die Wärme, die über eine Wärmepumpenanlage zum Heizen genutzt werden kann. Erdregister können auch unter der Bodenplatte von Gebäuden verlegt werden und dienen häufig der Konditionierung von Frischluft bei kontrollierten Lüftungen. In diesem Fall werden die Erdregister mit Luft, d.h. ohne Wärmeträgerflüssigkeit betrieben.

Zulässigkeit von Erdregister und Erdwärmekörben

Ausser in Grundwasserschutzzonen sind Erdregister und Erdwärmekörbe grundsätzlich überall zulässig. In Gebieten von Schotter-Grundwasservorkommen und in Quellwassergebieten müssen diese Systeme allerdings mindestens 2 m über dem höchsten

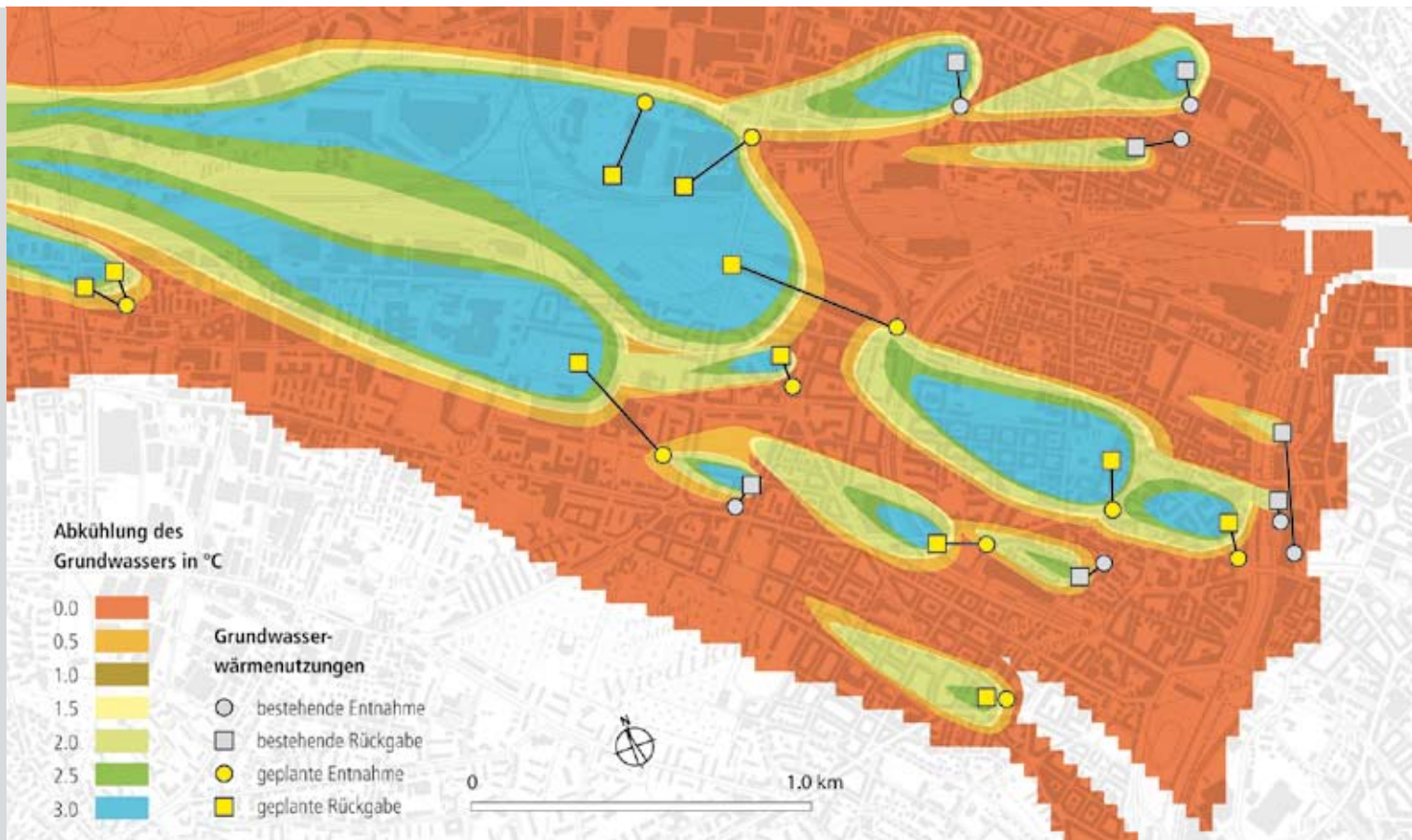
Grundwasserspiegel liegen (Grundwasserkarte Hochwasserstand unter www.grundwasser.zh.ch/karten).

Erdregister und Erdwärmekörbe werden grundsätzlich im ordentlichen Baubewilligungsverfahren behandelt. Wenn die Anlagen mit flüssigen Wärmeträgern betrieben werden, ist für deren Erstellung und den Betrieb eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung des AWEL erforderlich (Informationen unter www.erdwaerme.zh.ch).

Mit Luft betriebene Wärmenutzungsanlagen dürfen bis maximal zum mittleren Grundwasserspiegel reichen (Grundwasserkarte Mittelwasserstand unter www.grundwasser.zh.ch/karten).

In Gebieten mit nutzbaren Grundwasservorkommen bedürfen Anlagen unter dem höchsten Grundwasserspiegel nebst einer gewässerschutzrechtlichen Bewilligung einer wasserrechtlichen Konzession für die Wärmenutzung. Für diese sind jährliche Nutzungsgebühren zu entrichten.

Wärmenutzung aus Grundwasser



Grundwasser-Wärmennutzungen in Zürich:
Modellierte «Kältefahnen» im Limmatgrundwasserstrom

Übersicht

Unterirdische Gewässer

Die wichtigsten Grundwasservorkommen des Kantons Zürich liegen in den grossen Flusstälern. Als Grundwasserleiter dienen vor allem kiesig-sandige Ablagerungen, die durch Schmelzwässer der eiszeitlichen Gletscher geschüttet wurden. Diese gut wasserdurchlässigen Schotter erreichen in den Talsohlen häufig grosse Mächtigkeiten und erlauben den Bau von Grundwasserfassungen mit grossen Entnahmeeleistungen. Verbreitung und Mächtigkeit der Grundwasservorkommen sind in der Grundwasserkarte des Kantons Zürich (unter www.grundwasser.zh.ch/karten) dargestellt.

Grundwassertemperatur

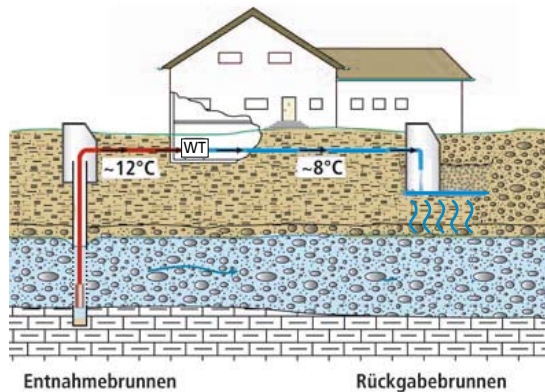
Ab etwa 10 m Tiefe unter der Geländeoberfläche bestehen im Grundwasser weitgehend ausgeglichene Temperaturverhältnisse. In den zürcherischen Grundwasservorkommen betragen die natürlichen mittleren Temperaturen des Grundwassers in der Regel zwischen 10 und 12 °C. Sie entsprechen damit ungefähr der Jahresmitteltemperatur der Luft. Unter dicht überbauten Gebieten ist die Grundwassertemperatur infolge der Wärmeabgabe z.B. von Kellergeschossen und Abwasserleitungen sowie des verstärkten Wärmeeintrags über befestigte Flächen um bis zu 3 °C erhöht. Stärkere jahreszeitliche Temperaturschwankungen treten im Nahbereich von infiltrierenden Oberflächengewässern auf.

Grundwasserentnahme

Anlagen zur Wärmenutzung mit Grundwasserentnahmen bestehen aus einem Entnahmebrunnen, einem Wärmetauscher (meistens mit Wärmepumpe und Zwischenkreislauf) und einer Rückversickerungsanlage. Der Entnahmebrunnen und die Rückversickerungsanlage sind dabei so zu platzieren, dass der Wirkungsgrad der Anlage möglichst hoch ist (kein Kurzschluss durch Ansaugen von abgekühltem bzw. erwärmtem Wasser). Die Rückgabe des nur in seiner Temperatur veränderten Grundwassers muss oberflächennah, z.B. in einer Versickerungsgalerie, erfolgen. Bei einer oberflächennahen Versickerung können allfällige Verschmutzungen des Untergrunds einfacher saniert werden. Schluckbrunnen mit Rückgabe des Wassers direkt in den Grundwasserleiter können nur in begründeten Ausnahmefällen bewilligt werden.

Hydrogeologische Voraussetzungen

Die Grundwasserwärmenutzung bedingt eine minimale Mächtigkeit und Ergiebigkeit eines Grundwasservorkommens. Für die Planung und Auslegung von Grundwasser-Wärmenutzungsanlagen ist die gründliche Abklärung der hydrogeologischen Parameter wie Mächtigkeit des Grundwasserleiters, Durchlässigkeit des Untergrunds, Grundwassertemperatur, Flurabstand (Abstand zwischen Terrain- und Grundwasseroberfläche) sowie Fließrichtung, Fließgeschwindigkeit und Chemismus des Grundwassers unabdingbar. Mit diesen Daten können die Ausbreitung von Temperaturfeldern («Kälte-» oder «Wärmefahnen»), die erforderliche Distanz zwischen Entnahmebrunnen und Rückgabeeinrichtung, die mögliche Entnahmemenge und die Leistung der Anlage ermittelt sowie allfällige Auswirkungen auf Dritte (z.B. lokale Erhöhung oder Absenkung des Grundwasserspiegels, Abkühlung/Erwärmung des Grundwassers) abgeschätzt werden.

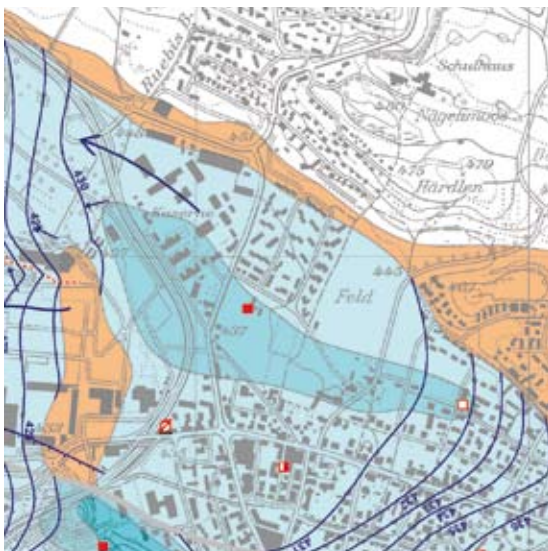


Schema einer Grundwasser-Wärmenutzung



Bau einer Versickerungsanlage für die Rückgabe von abgekühltem Grundwasser

Grundwasserkarte



Ausschnitt aus der Grundwasserkarte mit nutzbarem Grundwasservorkommen (blau) und dessen Randgebiete (braun).

Gewässerschutzkarte



Schutzzone (blau) und der Gewässerschutzbereich A_u (rot) sind in der Gewässerschutzkarte ersichtlich.

Bestimmungen und Anforderungen

Gewässerschutzverordnung

Anhang 2 Ziffer 21 Abs. 3 der Gewässerschutzverordnung lässt eine Veränderung der Grundwassertemperatur durch Wärmeeintrag oder -entzug gegenüber dem natürlichen Zustand um höchstens 3 °C zu; vorbehalten sind örtlich eng begrenzte Temperaturveränderungen. Die Wegleitung Grundwasserschutz des BUWAL (heute BAFU) von 2004 präzisiert, dass die Wärmenutzung insgesamt, also unter Berücksichtigung aller im betrachteten Grundwassergebiet installierten Anlagen, die natürliche saisonale Temperatur des Grundwassers um nicht mehr als 3 °C verändern darf. Im Umkreis von maximal 100 m um das Rückversickerungsbauwerk ist jedoch eine Temperaturveränderung von mehr als 3 °C zulässig.

Planerischer Grundwasserschutz

Zur Erhaltung der für die Trinkwasserversorgung nutzbaren unterirdischen Gewässer wurde der Gewässerschutzbereich A_u ausgeschieden. Der Schutz bestehender und künftiger Trinkwasserfassungen ist in deren Nahbereich durch Grundwasserschutzzone und -areale sichergestellt. Deren Lage und Ausdehnung sind in der Gewässerschutzkarte (unter www.grundwasser.zh.ch/karten) ersichtlich. Zum Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen und zu hohen oder zu tiefen Wassertemperaturen sind Wärmenutzungen von Grundwasser nur ausserhalb von Grundwasserschutzzone und -arealen zulässig. Für die Rückgabe bzw. Rückversickerung des abgekühlten oder erwärmten Wassers ist zudem ein Mindest-Abstand zu bestehenden Grundwasserschutzzone und -arealen einzuhalten.



Grundwassererkundung

Allgemeine Anforderungen

Die mit den Ostschweizer Kantonen harmonisierte Bewilligungspraxis des Kantons Zürich zur Wärmenutzung von Grundwasser soll primär sicherstellen, dass die unterirdischen Gewässer auch künftigen Generationen eine sichere und einwandfreie Trinkwassergewinnung ermöglichen. Dabei ist vor allem die Konzentration auf grosse Grundwasser-Wärmenutzungsanlagen von zentraler Bedeutung. Sie bietet folgende Vorteile:

Jede Grundwasserfassung ist eine potenzielle Eingangspforte für Grundwasserverschmutzungen. Mit der Beschränkung auf relativ grosse Wärmenutzungsanlagen kann diese Gefahr minimiert werden. In bevölkerungsreichen und relativ dicht besiedel-

ten Gebieten ist das Gefährdungspotenzial für das Grundwasser durch Bebauung, Strassen, Eisenbahnen, Industrie und Gewerbe usw. bereits heute gross, bei gleichzeitig starker Abhängigkeit der Trinkwasserversorgungen von den Grundwasservorkommen. Hier lässt sich zwangsläufig eine mit der Grundwasserwärmenutzung einhergehende Erhöhung des Gefährdungspotenzials nur mit einer geringen und kontrollierbaren Anzahl leistungsfähiger und gut gewarteter Anlagen vertreten. Das gesamte Energiepotenzial des Grundwassers soll deshalb statt mit einer Vielzahl von kleinen Anlagen mit möglichst wenigen, d.h. mit rund 500 bis 1000 vorwiegend mittleren und grossen Anlagen erschlossen werden.



Grundwasser-Wärmepumpenanlage

Technische Anforderungen

In unterirdischen Gewässern können Anlagen zur Grundwasserwärmenutzung unter folgenden Bedingungen bewilligt werden:

- Der Entnahmebrunnen liegt ausserhalb von Grundwasserschutz-zonen und -arealen.
- Die Wasserrückgabe bzw. Versickerungsanlage liegt mindestens 200 m (Anströmbereich) bzw. 100 m (seitlich und Abstrombereich) von Grundwasserschutz-zonen und -arealen entfernt.
- Die Abkühlung bzw. Erwärmung des Grundwassers in 100 m Entfernung von der Rückgabeanlage beträgt maximal 3°C gegenüber der natürlichen saisonalen Temperatur des Grundwassers.
- In Schotter-Grundwasservorkommen, die für die Trinkwassergewinnung geeignet sind, muss die Anlage über eine Kälteleistung von mindestens 150 kW (entspricht ca. 700 l/min bei $dT = 3^{\circ}C$) bzw. 100 kW bei Anwendung besonderer Energiesparmassnahmen (z. B. Minergie-Standard) verfügen.
- In für die Trinkwassergewinnung nicht geeigneten Schotter-Grundwasservorkommen sind auch kleinere Anlagen mit einer minimalen Kälteleistung von 50 kW bewilligungsfähig.

- Ausserhalb kartierter Grundwasservorkommen können, sofern dies die hydrogeologischen Verhältnisse zulassen, auch Anlagen mit weniger als 50 kW Kälteleistung bewilligt werden.
- Zur Überwachung der Temperatur sind in den Entnahmebrunnen Messungen der vorhandenen Grundwassertemperatur und, bei Bedarf, Temperaturmessungen im Abströmbereich erforderlich.
- Die Rückgabe des abgekühlten oder erwärmten Wassers erfolgt durch unverschmutzten Untergrund (d.h. Versickerung ausserhalb von belasteten Standorten oder Verdachtsflächen) in den gleichen Grundwasserleiter, aus dem das Wasser entnommen wurde.

Die Wärmenutzungsanlagen müssen dem Stand der Technik entsprechen:

- Keine offenen Zirkulationsbrunnen
- Die Anlage muss über einen Zwischenkreislauf verfügen und darf nur Wärmeträgerflüssigkeiten verwenden, die das Wasser möglichst wenig gefährden (vgl. www.erdwaerme.zh.ch).
- Der Wärmetauscher darf nicht im Grundwasserleiter liegen.

Weitere öffentliche Interessen (Naturschutz, Restwasserbestimmungen, usw.) und Rechte Dritter dürfen nicht in unzulässiger Weise beeinträchtigt werden.

Vorbehalten bleiben weitere Festlegungen im Rahmen der kantonalen Planung der Energienutzung aus Untergrund und Grundwasser.

Konzessionsverfahren

Die Wärmenutzung von Grundwasser bedarf gemäss den §§ 36 ff. und 73 Wasserwirtschaftsgesetz einer Konzession. Auf die Erteilung einer Konzession besteht kein Rechtsanspruch. Für Grossanlagen mit einer Kälteleistung von mehr als 5 MW ist eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich.

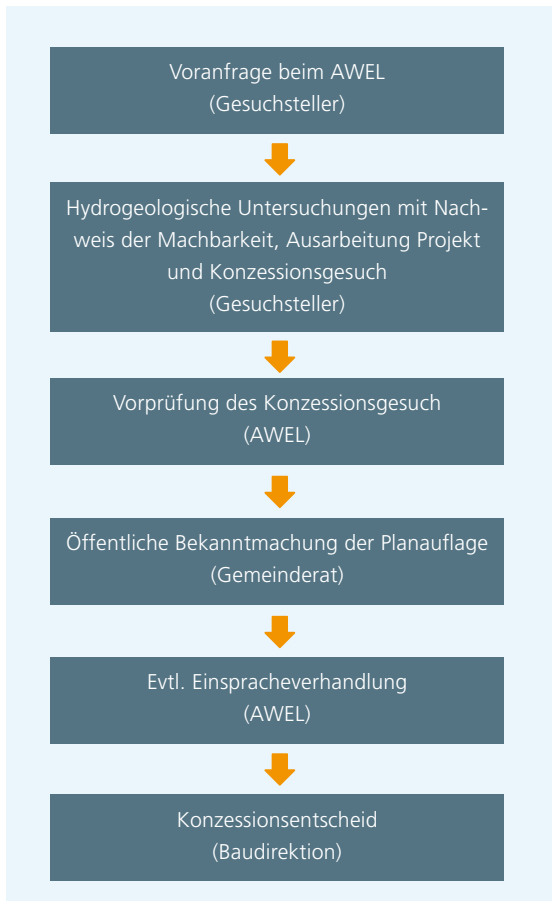
Die Baudirektion ist bestrebt, Sondernutzungsrechte derart zu verleihen, dass sie bestmöglich zum allgemeinen Wohl beitragen. Es wird empfohlen, Vorhaben zur Nutzung des Grundwassers frühzeitig gestützt auf erste Projektskizzen mit dem AWEL, Abteilung Gewässerschutz, zu besprechen (Voranfrage).

Der Ablauf des Konzessionsverfahrens ist in den §§ 38 ff. Wasserwirtschaftsgesetz geregelt. Inhalt und Umfang der Gesuchsunterlagen sind in den §§ 3 ff. der Konzessionsverordnung zum Wasserwirtschaftsgesetz umschrieben.

Die Gesuchsunterlagen sind der örtlichen Baubehörde einzureichen. Die Zeitdauer zwischen Gesuchseingang und Konzessionsentscheid beträgt ohne Einsprachebehandlung rund 5 bis 6 Monate.

Weitere Informationen und Gesuchsformulare sind unter www.grundwasser.zh.ch erhältlich.

Das Konzessionsverfahren ist im WWG (§§ 38 bis 43) geregelt.



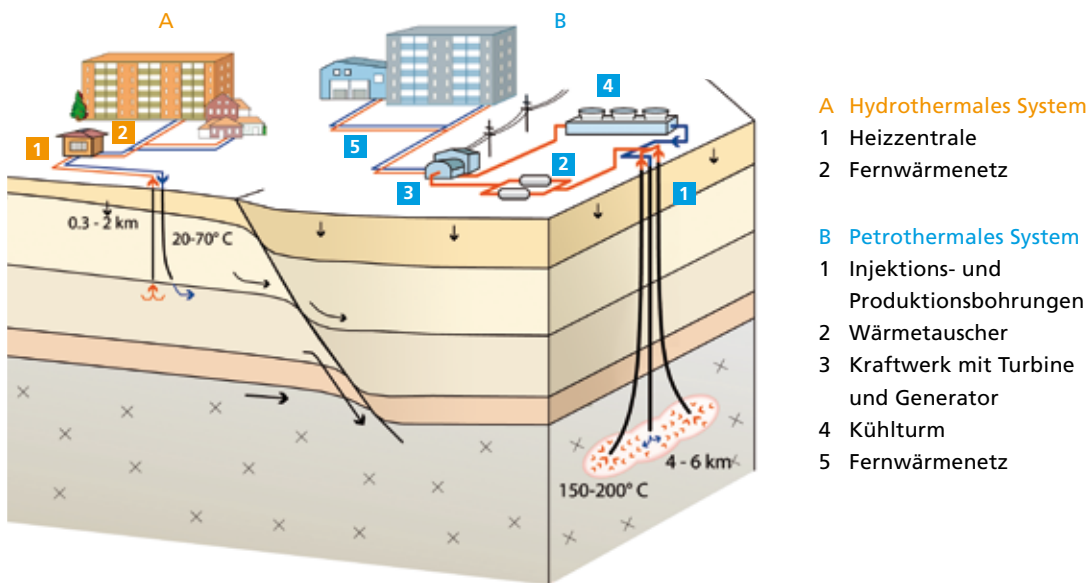
Inhouse-Trinkwasserbrunnen

Tiefe Geothermie



Tiefbohrung beim Geothermieprojekt im Triemli-Quartier, Zürich

Verschiedene Nutzungsmöglichkeiten der tiefen Geothermie



Funktionsprinzip

Mit der Tiefe nimmt die Temperatur des Untergrundes um etwa 3 °C je 100 Meter zu. Ab einer Tiefe von 400 m und einer Temperatur von über 20 °C spricht man von tiefer Geothermie.

Die Nutzbarmachung von tiefer Geothermie ist im Vergleich zur Erschliessung der untiefen Erdwärme wesentlich aufwendiger und damit kostenintensiver. Zusätzlich ist sie auch mit Risiken behaftet (Fündigkeit, induzierte Seismizität). Das Potenzial der Geothermienutzung nimmt jedoch mit wachsender Tiefe signifikant zu. Die Gewinnung von tiefer Erdwärme kann entweder über «hydrothermale Systeme» oder über «petrothermale Systeme» erfolgen.

Hydrothermale Systeme nutzen natürliche Thermalwasservorkommen, so genannte Heisswasser-Aquifere. Voraussetzung für die Geothermienutzung ist in diesem Fall immer eine vorhandene Wasserwegsamkeit der tiefen Gesteinsschichten. Das heisse Wasser wird über eine Produktionsbohrung an die Oberfläche gepumpt und nach dem Wärmeentzug über eine zweite Bohrung, der Injektionsbohrung, wieder in den gleichen Aquifer zurück gegeben, aus dem es entnommen wurde (sogenanntes Doubletensystem).

Petrothermale Systeme liefern Wärme aus ursprünglich wasserfreien Gesteinsformationen. Durch Einpressen von Wasser mit hohem Druck wird das Ge-

stein aufgebrochen, um künstliche Fließwege zu schaffen, die sich mit Hilfe weiterer Bohrungen zu einem Kreislauf verbinden lassen. Über eine Injektionsbohrung wird dann Wasser in den Untergrund gepumpt, wo es sich auf dem Weg zur Förderbohrung erhitzt. Via Förderbohrung wird das heisse Wasser an die Erdoberfläche gepumpt, wo die geothermische Energie zur Warmegewinnung oder bei genügend hohen Temperaturen auch zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Anschliessend wird das abgekühlte Wasser über die Injektionsbohrung wieder in den künstlich aufgebrochenen Felsuntergrund zurück gegeben. Die petrothermalen Systeme sind auch unter den Begriffen Enhanced Geothermal Systems (EGS), Hot Dry Rock (HDR) und Hot Fractured Rock (HFR) bekannt.

Konzession

Gesuche für Tiefbohrungen zur Nutzung von tiefer Geothermie werden in einem separaten Verfahren gestützt auf eine umfassende Risikoanalyse geprüft. Konzessionen können nur erteilt werden, wenn allfällige Risiken für die Umwelt und Dritte tragbar sind. Für Grossanlagen mit einer thermischen Leistung von mehr als 5 MW ist zudem eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich. Es wird empfohlen, Vorhaben der tiefen Geothermie frühzeitig gestützt auf erste Projektskizzen mit dem AWEL, Abteilung Gewässerschutz, zu erörtern (Voranfrage).



Bezug: Diese Broschüre steht im PDF-Format unter www.erdwaerme.zh.ch zum Download bereit oder kann gedruckt bezogen werden bei:

AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Abteilung Gewässerschutz
Weinbergstrasse 17
Postfach
8090 Zürich
Telefon 043 259 32 71

© 2010 AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich. Nachdruck mit Angabe der Quelle gestattet.

Herausgeberin: Baudirektion Kanton Zürich,
AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Konzept und Text: Abteilung Gewässerschutz,
Sektion Grundwasser und Wasserversorgung

Bearbeitet durch: Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich;
Roland Ryser, Zürich.

Bilder: Arigon Generalunternehmung AG, Zürich;
AWEL; CREGE, Neuchâtel; Keystone (S. 18);
Dr. Heinrich Jäckli AG, Zürich; SVG – Schweizerische
Vereinigung für Geothermie, Frauenfeld.

Druck: Juni 2010



**Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft