

Erdwärme! voraus

Die Erde als Energiequelle

Technologieleitfaden **Erdwärme**

Wien!
voraus

Energieplanung

StadT  Wien

Erdwärme! voraus

Technologieleitfaden
Erdwärme

Autoren

DI Richard Niederbrucker, geohydrotherm –
Ingenieurbüro für Geotechnik, Geohydraulik und Geothermie
2485 Wimpassing a.d. Leitha
Eisenstädter Straße 4/1/7

DI Dr. Edith Haslinger,
AIT Austrian Institute of Technology GmbH,
im Auftrag von geohydrotherm

AUFTRAGGEBER Magistratsabteilung 20 – Energieplanung

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

COP	Coefficient of Performance
EA	Energieausweis in der geltenden Fassung
JAZ	Jahresarbeitszahl
LBH	Leistungsbeschreibung Hochbau
LBVI	Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
TGS	Thermische Gebäudesimulation
TRT	Thermal Response Test
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VLT	Vorlauftemperatur Heizung
VÖBU	Vereinigung Österreichischer Bohr-, Brunnenbau- und Spezialtiefbau- unternehmungen

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:
Magistrat der Stadt Wien
Magistratsabteilung 20 – Energieplanung
Layout: Erdgeschoss GmbH
Lektorat: Mag.^a Ulrike Zdimal-Lang
Druck: MA 21 - Druckerei
Verlags- und Herstellungsort: Wien, November 2016



INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	7	4 Bau von Erdwärmenutzungsanlagen	30
1 Die Erde als Energiequelle und Energiespeicher	8	4.1 Ausschreibung der Leistungen und Vergabe	30
1.1 Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Nutzung der Erdwärme in urbanen Gebieten	9	4.2 Bohrverfahren	30
2 Technik der Erdwärmegewinnung für Heizen und Kühlen	11	4.2.1 Mögliche Gefahren durch Bohrungen	31
2.1 Wärmequellenanlagen	12	4.2.2 Maßnahmen bei unerwarteten Untergrundverhältnissen	31
2.1.1 Grundwasserwärmepumpe	12	4.2.3 Qualifikation der Bohrunternehmen	31
2.1.2 Erdwärmesonden	13	4.3 Materialien und Systemkomponenten	31
2.1.3 Erdkollektor	15	4.3.1 Rohrmaterial für Flach- und Vertikalkollektoren	31
2.1.4 Weitere Anlagen	16	4.3.2 Sondeneinbau und Verpressung bei Erdwärmesonden	32
2.2 Wärmeabgabesysteme und Warmwasserbereitung	16	4.3.3 Sammlungs- und Verteilungssysteme für Flach- und Vertikalkollektoren	33
2.2.1 Geeignete Wärmeabgabesysteme für Erdwärmenutzungen	16	5 Anlagenbetrieb	35
2.2.2 Wärmepumpe und Warmwasserbereitung	18	5.1 Inbetriebnahme	35
2.3 Nutzung von Erdreich und Grundwasser zum Kühlen und Speichern	18	5.2 Energiemonitoring	35
2.3.1 Kühlen mit Erdreich und Grundwasser	18	5.3 Service-, Wartungs- und Energiekosten	35
2.3.2 Der Untergrund als Wärmespeicher	19	5.4 Mögliche Störquellen im Anlagenbetrieb	36
2.4 Thermische Aktivierung von Bauteilen	20	6 Erdwärme und Recht	37
2.4.1 Thermische Aktivierung im Hochbau	20	6.1 Rechtliche Rahmenbedingungen der unterschiedlichen Erdwärmenutzungen	37
2.4.2 Thermische Aktivierung erdberührender Bauteile	20	6.1.1 Anlagen mit einer thermischen Nutzung des Grundwassers	37
3 Planung von Erdwärmeheizungs- und -kühlanlagen	21	6.1.2 Anlagen zur thermischen Nutzung des Untergrundes ohne Wasserentnahme – Erdwärmesonden, Energiepfähle	37
3.1 Planungsablauf bei Erdwärmeanlagen	21	6.1.3 Anlagen zur thermischen Nutzung des Untergrundes ohne Wasserentnahme – Flachkollektoren	38
3.2 Wahl der Wärmequellenanlage	22	6.1.4 Weitere rechtliche Rahmenbedingungen	39
3.2.1 Entscheidungsparameter	22	6.2 Dauer der wasserrechtlichen Bewilligung	39
3.2.2 Systemauswahl	22	6.3 Wasserrechtliche Ablehnungsgründe einer geplanten Anlage	39
3.3 Energiebedarfsermittlung	23	7 Genehmigungsverfahren Schritt für Schritt mit Zuständigkeiten	40
3.4 Spezielle Planungsaspekte für den großvolumigen Wohnbau	24	8 Erdwärmenutzung in Wien	42
3.5 Spezielle Planungsaspekte für Sanierungen	25	8.1 Die Geologie von Wien und die Bedeutung für die Erdwärme	42
3.6 Hinweise für Planung und Ausführung der Wärmequellenanlagen	26	8.2 Installierte geothermische Anlagen in Wien	43
3.6.1 Grundwasserwärmepumpe	26	8.3 Potenzial für die Nutzung der Erdwärme in Wien	43
3.6.2 Erdwärmesonden	27	8.4 Beispiele zu Erdwärmeheizungsanlagen im großvolumigen Bau in Wien	44
3.6.3 Erdwärmekollektoren / Flachkollektoren	28	9 Daten und Fakten zur Erdwärme im Überblick	52
3.7 Kombination mit anderen regenerativen Quellen	29	10 Literaturhinweise, Ansprechpartner, nützliche Links	54
3.7.1 Kombination mit Solarthermie	29	10.1 Zuständige Dienststellen der Gemeinde Wien	54
3.7.2 Kombination mit Photovoltaik	29	10.2 Ansprechpartner für Planung, Bau und Betrieb von Erdwärmeheizungsanlagen	55
3.7.3 Kombination mit Abwärme	29	10.3 Nützliche Links	56
		10.4 Relevante Gesetze, Normen und Richtlinien	56

VORWORT MARIA VASSILAKOU

Die Bedeutung von nachhaltiger Energienutzung aus erneuerbarer Energie rückt immer stärker ins öffentliche Bewusstsein. Besonders in Wien, als eine der weltweit führenden Umweltmusterstädte, gewinnt das Erdreich als Wärme- und Energiequelle mehr an Bedeutung. Für eine fortschrittliche Gestaltung der Wiener Energiepolitik sind der Einsatz und die laufende Weiterentwicklung innovativer Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien unerlässlich. Besonders im Wiener Stadtgebiet besteht ein beachtliches Potenzial für den Ausbau der Erdwärmennutzung. So waren im Jahr 2016 bereits mehr als 1.800 Erdwärmennutzungen verzeichnet. Dies ist seit der Einführung des Erdwärmepotenzialkatasters in den Stadtplan von wien.at besonders gut nachvollziehbar. Mithilfe innovativer Anlagen und durch gezielte Nutzung dieser klimaschonenden Energiequellen wird ein weiterer Schritt in Richtung Smart City gesetzt.

Dieser Leitfaden informiert über verschiedene Möglichkeiten und Anwendungsbereiche der oberflächennahen Erdwärme. Er dient als Wegweiser zur Umsetzung von zukunftsweisenden Projekten. Die vorgestellten Systeme finden sowohl im Einfamilienhaus als auch im großvolumigen Wohn- und Gewerbebau Anwendung. Es ist dabei von Vorteil, dass diese Systeme grundsätzlich als service- und wartungsgering gelten.

Diese Broschüre wird zukunftsweisenden Bauprojekten als Entscheidungsgrundlage dienen für die Auswahl von passenden Heiz- und Kühlsystemen, die die Erde als Wärme- und Kältequelle nutzen. Es lohnt sich, über mögliche Anwendungsformen nachzudenken und ihre Vorteile am jeweiligen Standort herauszufinden. Hier sind auch Informationen zu öffentlichen und privaten Einrichtungen zu finden, die bei der Planung von Erdwärmennutzungen weiterhelfen. Das Erdreich zur Gewinnung von Wärme und Kühlung zu nutzen, bedeutet einen weiteren, wichtigen Schritt weg vom Abbau fossiler Rohstoffe und ermöglicht eine komfortable und langfristig kostengünstige Wärmeversorgung.

Wir hoffen, mit dem Leitfaden den Weg der Bauwirtschaft in Richtung Umsetzung zukunftsweisender Wärme- und Kälteversorgungen zu unterstützen.

Foto: Lukas Beck



Mag. Maria Vassilakou
Vizebürgermeisterin
der Stadt Wien

1 DIE ERDE ALS ENERGIEQUELLE UND ENERGIESPEICHER

Als Erdwärme wird die in der Erde gespeicherte Wärme definiert. Diese kann durch den Menschen nur zu einem verhältnismäßig geringen Anteil genutzt werden, da die Temperaturen im Erdinneren für eine technische Nutzung zu hoch sind. 99 % der Erde sind heißer als 1000 °C und nur ein Tausendstel der Erdoberfläche – die obersten Kilometer der durchschnittlich 40 km dicken Erdkruste – sind kühler als 100 °C. Die Wärme im Erdinneren stammt zum Teil noch von der Zeit der Erdentstehung vor 4,6 Mrd. Jahren. Der überwiegende Teil der Wärme entsteht allerdings aus dem Zerfall der natürlichen Radioisotope Uran, Thorium und Kalium in der Erdkruste. Durch den kontinuierlichen Wärmestrom vom heißen Erdkern (im Mittel 5000 °C) zur kühlen Erdoberfläche (ca. 14 °C) gelangt die Wärme an die Erdoberfläche und kann genutzt werden. Die von der Erde pro Quadratmeter abgegebene Leistung – der sogenannte terrestrische Wärmestrom – beträgt durchschnittlich 65 mW/m². Dieser Wärmeverlust wird durch Wärmegewinn durch Sonneneinstrahlung bei weitem übertroffen – dieser beträgt in Mitteleuropa 1000 W/m². Die Temperatur der Erdoberfläche ist abhängig von der Sonneneinstrahlung, wobei der Einfluss der Sonne bis zu einer Tiefe von ca. 15 Metern begrenzt ist. Da der Boden allgemein eine schlechte Wärmeleitfähigkeit besitzt, ist ab dieser Tiefe kein Einfluss der Sonnenstrahlung mehr gegeben. Unterhalb dieser Grenze nimmt die Temperatur mit der Tiefe im Normalfall stetig zu. Der gleichmäßige Anstieg der Temperatur in der äußeren Erdkruste beträgt in Mitteleuropa durchschnittlich 3 °C/100 m und wird als geothermischer Gradient bezeichnet¹. Aufgrund verschiedener geologischer Parameter, wie Gesteinseigenschaften und Geodynamik, kann sie je nach Region stark variieren. Entscheidend für das Ausmaß der Wärmeleitung vom Erdinneren sind die Wärmeleitfähigkeit (λ) und die spezifische Wärmekapazität (C_p) des jeweiligen Gesteins. Festgesteine haben in der Regel eine höhere Wärmeleitfähigkeit und -speicherkapazität als Lockergesteine. So hat z.B. ein Granit ein λ von ca. 3,4 W/m K, trockener Sand hingegen ein λ von nur 0,4 W/m K².

Die Erdwärme wird zu den erneuerbaren Energien gezählt, da sie in menschlichen Zeiträumen unerschöpflich ist und kontinuierlich nachgeliefert wird. Die im Erdinneren gespeicherte Energie beträgt ca. $12,6 \times 10^{24}$ MJ und übersteigt damit den jährlichen weltweiten Energiebedarf um ca. ein 30-Milliardenfaches ($3,89 \times 10^{14}$ MJ, umgerechnet 108 PWh, Weltprimärenergieverbrauch im Jahr 2013³). Die Halbwertszeit beträgt ca. 14 Mrd. Jahre, sprich: In 14 Mrd. Jahren ist der Energiefluss noch immer halb so groß wie heute.

Das Erdreich (Boden und Grundwasser) kann nicht nur als Wärmequelle, sondern auch als Wärmesenke für Überschusswärme (Gebäudekühlung) herangezogen werden. Das Einbringen von Überschusswärme in den Untergrund ist von großem Vorteil, da dadurch eine einseitige Nutzung des Untergrunds vermieden und die thermische Regeneration gefördert wird. Des Weiteren ergibt sich dadurch die Möglichkeit einer saisonalen Speicherung der Wärme (DETAILS DAZU SIEHE KAPITEL 2.3.2).

¹ Stober, I. & Bucher, K. (2012): Geothermie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

² Verein Deutscher Ingenieure (2010): VDI 4640 Blatt 1 – Thermische Nutzung des Untergrunds – Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte

³ OECD & IEA (2015): Key World Energy Statistics. International Energy Agency, Paris.

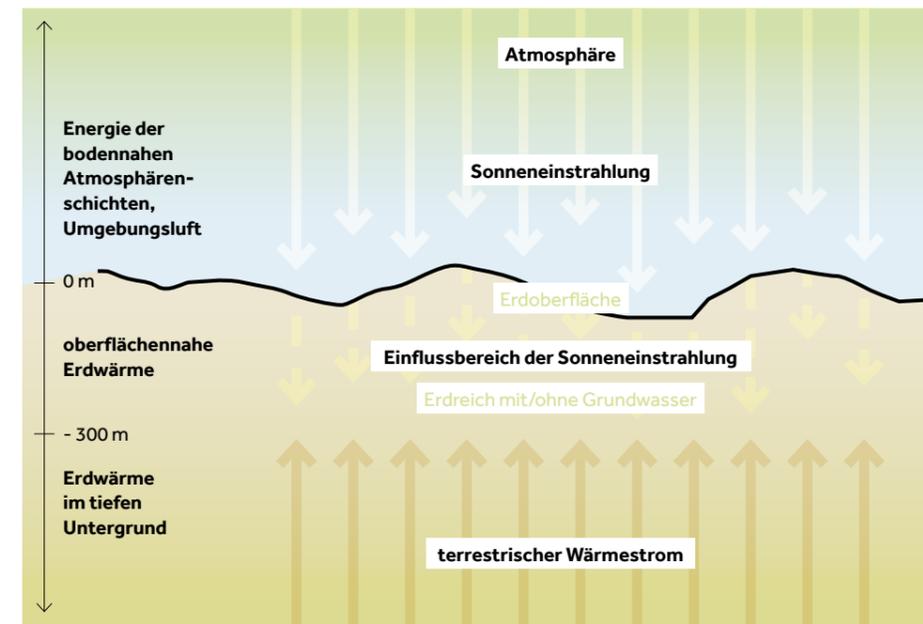


Abb. 1
Darstellung
Erdwärme-
nutzung
Quelle: modifiziert
nach: M. Kaltsch-
mitt et al. (Hrsg.)
(2013): Erneuer-
bare Energien
– Systemtechnik,
Wirtschaftlichkeit,
Umweltaspekte.
Springer-Verlag
Berlin Heidelberg,
S. 622

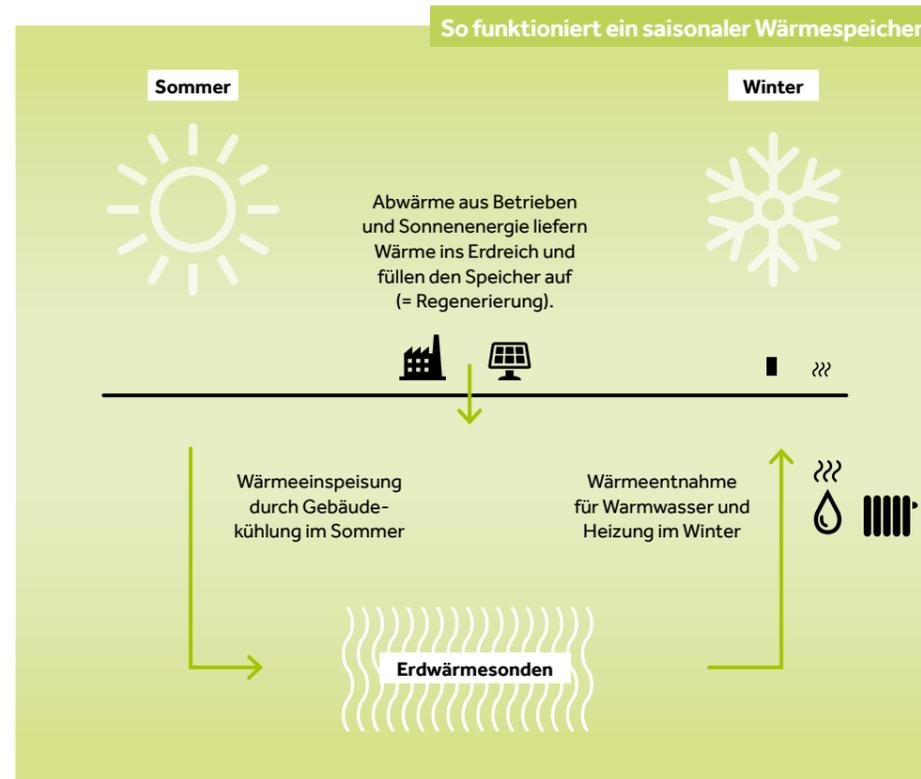
1.1 Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Nutzung der Erdwärme in urbanen Gebieten

Im urbanen Gebiet gelten für die Erdwärmenutzung spezielle Rahmenbedingungen. Dichte Verbauung und das Fehlen größerer Grün- und Wasserflächen führen zu hohen sommerlichen Temperaturen in den Gebäuden und an den versiegelten Oberflächen. Dieses Phänomen wird als Urban Heat Island bezeichnet. Das Erdreich kann hier als Wärmesenke zum Kühlen von Gebäuden herangezogen werden. Die dabei abgeführte überschüssige Wärme wird im Erdreich gespeichert und in der kalten Jahreszeit zum Heizen verwendet. Der Untergrund trägt damit zu einer nachhaltigen Kühlung von Gebäuden in Städten bei.

Durch eine koordinierte Bewirtschaftung der verschiedenen Erdwärmequellen unter Berücksichtigung der wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist eine effiziente und nachhaltige Nutzung der im Untergrund des Wiener Stadtgebiets vorhandenen Erdwärme möglich. Dabei ist neben dem vorhandenen Wärme- und Kältepotenzial auch das saisonale Speicherpotenzial des Untergrundes in der Planung von geothermischen Nutzungen unter Einbeziehung der örtlichen Randbedingungen (Bebauungspläne, Wassertemperatur und -qualität) zu berücksichtigen. In der nachstehenden Grafik ist die saisonale Wärmespeicherung vereinfacht dargestellt.

Abb. 2
Vereinfachte
Darstellung der
saisonalen
Wärmespeiche-
rung

Quelle: Grafik MA20



2 TECHNIK DER ERDWÄRMEGEWINNUNG FÜR HEIZEN UND KÜHLEN

Grundsätzlich lassen sich die technisch nutzbaren Erdwärmevorkommen in oberflächennahe Vorkommen und in Vorkommen des tiefen Untergrunds unterscheiden, wobei in dieser Broschüre ausschließlich die oberflächennahe Erdwärmenutzung behandelt wird.

Die oberflächennahe oder seichte Erdwärmenutzung erstreckt sich bis zu einer Tiefe von etwa 300 Metern, wobei die meisten Anlagen nicht tiefer als 200 Meter reichen. Diese Anlagen sind technisch ausgereift und einfach herzustellen, der eventuell erforderliche Aufwand für eine Bewilligung ist gering. Tiefer reichende Anlagen sind aufwändiger in der Herstellung. Ab 300 Metern unterliegen sie dem Mineralrohstoffgesetz (MinroG) und bedingen ein aufwändigeres Bewilligungsverfahren.

Um die Energie aus dem Untergrund für Heizzwecke nutzbar zu machen, ist der Einsatz einer Wärmepumpe notwendig, um das Temperaturniveau zu erhöhen. Die Nutzung der oberflächennah verfügbaren geothermischen Energie mittels Wärmepumpen gewinnt bei privaten wie gewerblichen Bauvorhaben in Österreich zunehmend an Bedeutung. Sie stellt eine ressourcenschonende, emissionsfreie und damit umweltfreundliche und ökonomisch vorteilhafte Alternative zu konventionellen Heizungsanlagen dar.

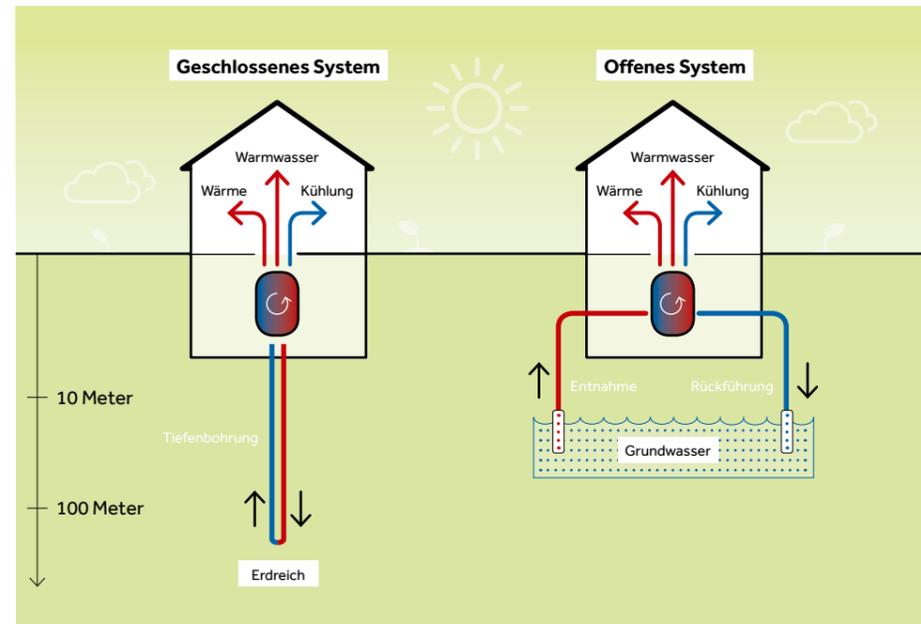
Die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme erfolgt über ein Wärmetauschersystem; je nach Situierung und genutztem Medium (Erdreich oder Grundwasser) sind folgende Systeme möglich:

- a) Thermische Nutzung des Grundwassers, **SIEHE KAPITEL 2.1.1**
- b) Erdwärmesonden, **SIEHE KAPITEL 2.1.2**
- c) Erdwärmekollektoren, **SIEHE KAPITEL 2.1.3**
- d) Sonderformen, wie z.B. Erdwärmekörbe, Energiepfähle und erdberührende aktivierte Bauteile, **SIEHE KAPITEL 2.1.4**

ad a): Bei der Nutzung des Grundwassers wird Grundwasser über einen Brunnen entnommen und direkt der Wärmepumpe zugeführt. Diese entnimmt dem Wasser Energie und kühlt es dabei um etwa 5 °C ab. Das abgekühlte Wasser wird danach wieder über einen Schluckbrunnen in den Boden zurückgeführt.

ad b bis d): Bei allen Systemen, die das Erdreich als Wärmequelle verwenden, wird dabei ein Rohrsystem aus Kunststoff, meist Polyethylen (PE), im Erdreich verlegt. In diesem Rohrsystem fließt ein Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch, welches in Folge als Sole bezeichnet wird. Diese Sole ist einige Grad Celsius kühler als das Erdreich, und nimmt daher die Energie aus dem Erdreich auf und transportiert diese zur Wärmepumpe.

Abb. 3
Systeme der Erdwärmennutzung. Links: geschlossenes System mit Erdwärmesonden. Rechts: offenes System Grundwassernutzung
Quelle: modifiziert von <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/images/erdwaer-menutzung-gr.jpg>



2.1 Wärmequellenanlagen

Die Wärmequellen Erdreich und Grundwasser müssen durch eigene Wärmequellenanlagen für die Nutzung erschlossen werden. Erst mit Hilfe dieser Anlagen kann Energie in Form von Wärme dem Boden bzw. dem Grundwasser entzogen und in der Wärmepumpe genutzt werden. Diese Erschließung erfolgt im Erdreich entweder durch einen Erdkollektor – auch Flachkollektor genannt – oder eine Erdwärmesonde, im Grundwasser durch einen Entnahme- und Schluckbrunnen. Die gängigsten Wärmequellenanlagen sind in der Folge kurz dargestellt.

2.1.1 Grundwasserwärmepumpe

Grundwasser bietet durch seine konstanten Temperaturen sehr gute Voraussetzungen für eine Heiz- und Kühlnutzung. Selbst an den kältesten Tagen beträgt die Wassertemperatur immer noch 7 bis 12 °C. Über einen Förderbrunnen auf dem Grundstück wird Grundwasser entnommen und direkt der Grundwasserwärmepumpe zugeführt. Das aufgrund des Wärmeentzuges abgekühlte Wasser wird anschließend über einen Schluckbrunnen wieder dem Boden zurückgegeben. Der Abstand zwischen beiden Brunnen sollte mindestens 10 m betragen. Dabei ist die Fließrichtung des Grundwasserstromes zu beachten. Die Fördermenge der Brunnenpumpe wird durch die benötigte Heizleistung bestimmt. Als Faustformel kann die Heizleistung (in Kilowatt) mit 250 l/h multipliziert werden, dies ergibt dann die gesamte notwendige Wassermenge. Je mehr Energie ein Gebäude benötigt, desto größer muss die Brunnenanlage sein. Vor der möglichen Nutzung ist in jedem Fall eine wasserrechtliche Genehmigung einzuholen. Außerdem gilt es im Vorfeld zu prüfen, ob Grundwasser in ausreichender Menge und nutzbarer Qualität zur Verfügung steht (**SIEHE KAPITEL 3.6.1**).

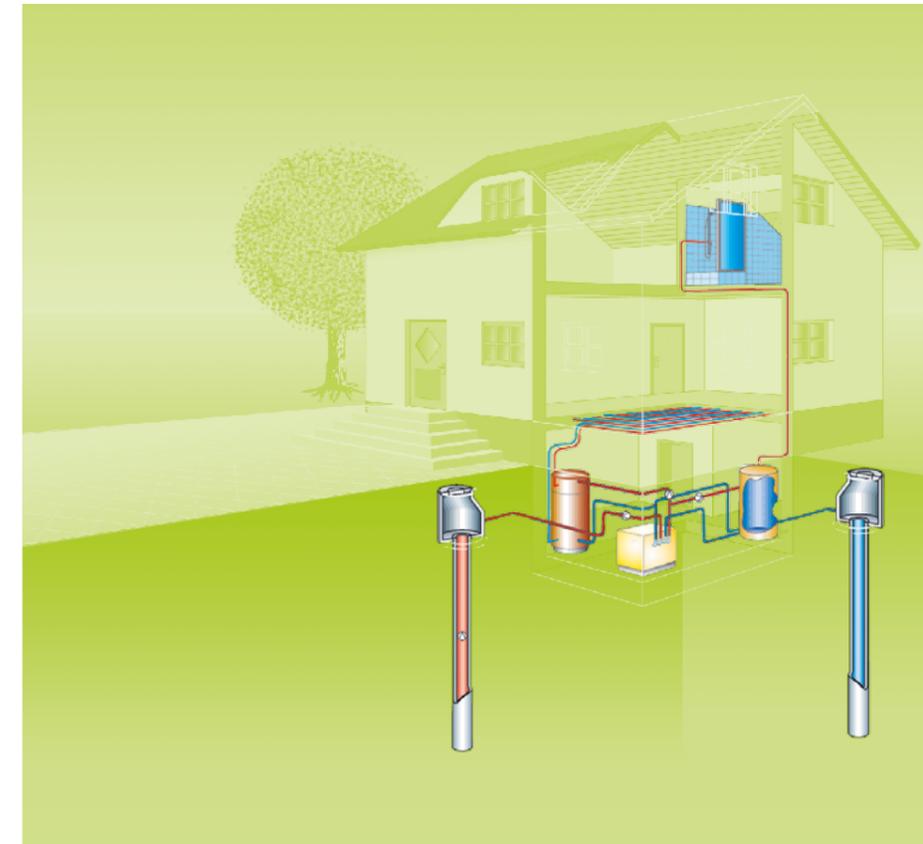


Abb. 4
Schematische Darstellung einer Wärmepumpe mit der Wärmequelle Grundwasser
Quelle: Bundesverband Wärmepumpen e.V.

2.1.2 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden benötigen deutlich weniger Fläche als Erdkollektoren, da sie die Energie über die Tiefe sammeln. Die Herstellung erfolgt durch eine Vertikalbohrung mit anschließendem Einbau der Sondenrohre und dem Wiederverfüllen des verbliebenen Hohlraumes. Die notwendige Länge der Sonde wird wiederum durch die Heizleistung sowie den anstehenden Untergrund bestimmt. Für die Errichtung und den Betrieb von Erdwärmesonden ist unter Umständen eine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich. Ein diesbezügliches Ansuchen mit den zugehörigen Einreichunterlagen ist beim zuständigen Magistratischen Bezirksamt zu stellen, **SIEHE DAZU AUCH KAPITEL 7 UND 10**.

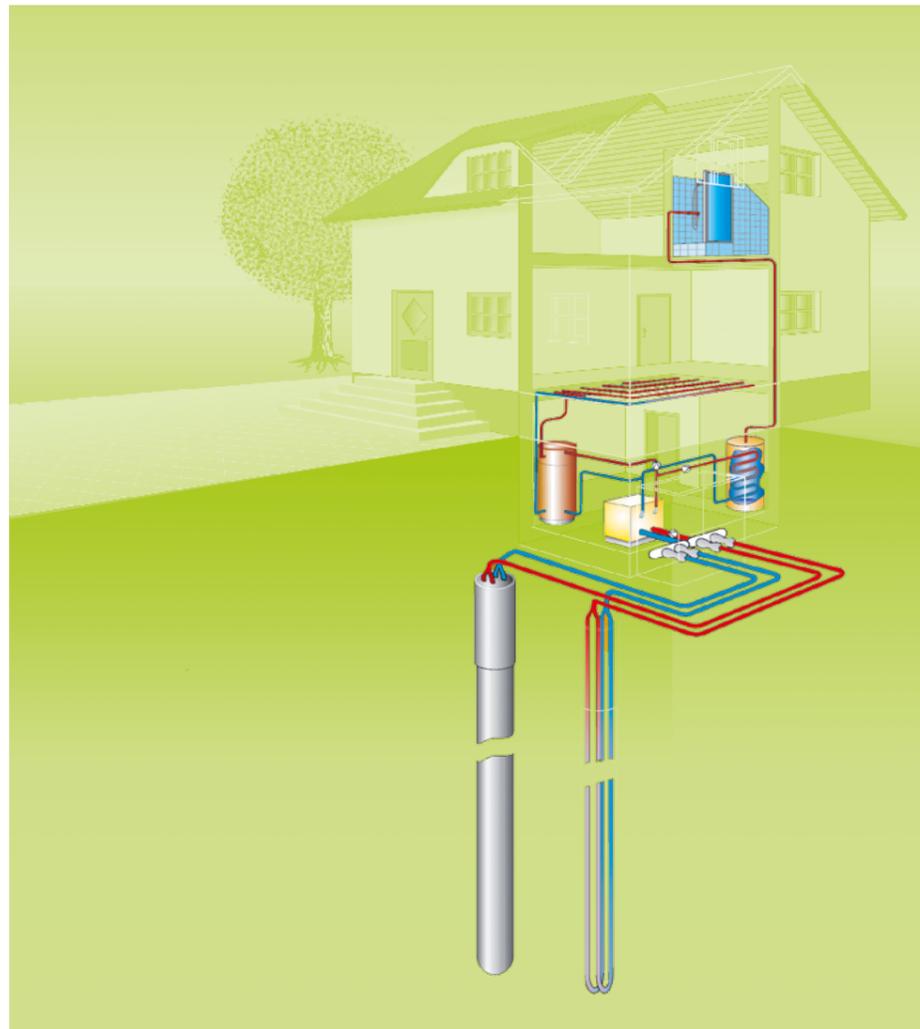
Erdwärmesonden werden mittels Tiefenbohrung vorwiegend lotrecht in den Boden eingebaut. Sie brauchen kaum Platz und sind einfach herzustellen. Die Sonden bestehen in der Regel aus zwei U-förmigen Kunststoffrohren, durch die ein Wasser-Frostschutzmittel-Gemisch (Sole) fließt. Diese entzieht dem Erdreich Wärme und gibt diese an die Wärmepumpe weiter. Üblich sind Bohrungen bis zu 200 m Tiefe. Mit Erdwärmesonden ist man weitgehend unabhängig von der Grundstücksgröße. Sie sind auch nachträglich, zum Beispiel im Zuge einer thermischen Gebäudesanierung, einfach herzustellen. Erdwärmesonden haben eine lange Lebensdauer. Die Länge der Sonde wird durch die benötigte Heizleistung und die Geologie des Untergrundes bestimmt. Hier gilt Gleiches wie beim Flachkollektor: Je mehr Energie das Gebäude benötigt, desto länger muss die Sonde werden. Bei einem Bestandsgebäude kann daher durch eine thermische Sanierung die Sondenlänge reduziert werden.

Die heutigen Sonden bestehen in der Regel aus vier Kunststoffrohren – je zwei Vorlauf- und zwei Rücklaufleitungen. Die Sonde wird in die vorbereitete Bohrung eingebracht und anschließend mit einer Suspension verpresst. Diese Verpressung bildet nach der Aushärtung eine dauerhafte, dichte und physikalisch stabile Verbindung der Erdwärmesonde zu dem umgebenden Gestein. Dadurch wird ein guter Wärmeübergang gewährleistet. Die Sole strömt vom Verteilerbalken aus durch die beiden Vorlaufrohre nach unten, wird im Sondenfuß umgelenkt und strömt über den Rücklaufverteiler zur Wärmepumpe zurück. Die dem Erdreich dabei entzogene Wärmemenge ist abhängig von mehreren standortspezifischen Einflussfaktoren. Geologische Einflussfaktoren sind dabei die Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität des Erdreiches. Ebenfalls beeinflusst die Lage des Grundwasserspiegels sowie die Grundwasserbewegung die Leistungsfähigkeit der Sonde, da durch strömendes Grundwasser zusätzliche Wärme zur Sonde transportiert wird. Weitere Einflussfaktoren sind:

- Dauer des Wärmeentzuges aus dem Untergrund (Jahresbetriebsstunden)
- gegenseitige Beeinflussung von Erdwärmesonden in größeren Anlagen
- Bohrlochdurchmesser und Bohrlochverfüllung

Abb. 5
Schematische Darstellung einer Wärmepumpe mit der Wärmequelle Erdreich, erschlossen über vertikale Erdwärmesonden

Quelle: Bundesverband Wärmepumpen e.V.



2.1.3 Erdkollektor

Der Erdkollektor besteht aus Rohren oder Matten, die im Neubau bei den ohnehin notwendigen Erdarbeiten einfach mitverlegt werden. Der Erdkollektor wird in ca. 1–1,5 m Tiefe (unter der Frostgrenze) verlegt. Ein ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel („Sole“ fließt durch die Rohre oder Matten und entnimmt die im Erdreich gespeicherte Wärme. Dem Boden wird jedoch nur ein Bruchteil dessen entzogen, was im Laufe des Jahres durch Sonneneinstrahlung, Wind und Regen an Energie zugeführt wird. Die Entzugsfläche des Erdkollektors wird durch die benötigte Heizleistung und die Bodenbeschaffenheit des Untergrundes bestimmt. Als Faustformel kann die Heizleistung in kW mit 25 m² pro kW multipliziert werden. Diese Entzugsfläche entspricht meist dem eineinhalb- bis dreifachen der beheizten Wohnfläche. Je mehr Energie Ihr Gebäude benötigt, desto größer muss die Entzugsfläche sein. Daher sollte ein Bestandsgebäude vorher immer thermisch saniert werden. Für die exakte Dimensionierung der Entzugsfläche ist die genaue Kenntnis der Bodenbeschaffenheit notwendig. Ideal sind feuchte Lehmböden. Weniger geeignet sind trockene Schotterböden.

Abb. 6
Schematische Darstellung einer Wärmepumpe mit der Wärmequelle Erdreich, erschlossen über horizontale Erdwärmekollektoren

Quelle: Bundesverband Wärmepumpen e.V.



2.1.4 Weitere Anlagen

Erdwärmekörbe, Energiepfähle sowie thermisch aktivierte Bauteile (Bodenplatten, Fundamente etc.) stellen weitere Möglichkeiten der oberflächennahen Erdwärmenutzung dar.

Bei **Erdwärmekörben** handelt es sich um spiralförmig gewickelte PE-Rohre, die Länge dieser Spirale schwankt je nach Hersteller zwischen etwa 4 und 12 m. Die effektive Rohrlänge beträgt zwischen 75 und 200 Metern. Wie Flachkollektoren nutzen sie die oberflächennahe Bodenwärme, welche sehr stark von Sonneneinstrahlung und Niederschlägen beeinflusst wird. Für den Einbau der Körbe wird ein entsprechend tiefer Bodenaushub hergestellt. Die Körbe werden hineingesetzt und mit Sand verfüllt, um eine gute Ankopplung an den umgebenden Boden zu erhalten. Die Körbe können dabei beliebig auf der zur Verfügung stehenden Fläche angeordnet werden, der Mindestabstand zwischen den Körben sollte jedoch etwa sieben Meter betragen. Die Entzugsleistung je Korb liegt je nach Länge und Bodenbeschaffenheit zwischen 0,7 und 2 kW. Wie bei Flachkollektoren dürfen Erdwärmekörbe nicht überbaut werden, da sonst die Entzugsleistung deutlich abfällt. Bei zu starker Leistungsentnahme aus den Körben kann es zu einem Auffrieren des umgebenden Bodens kommen.

Ist aufgrund der örtlichen Bodenbeschaffenheit eine Gründung auf Pfählen notwendig, so können diese in vielen Fällen als Energiequelle in Form von so genannten **Energiepfählen** genutzt werden. Voraussetzung dafür ist, dass in dem Pfahl ein Wärmetauscher in Form von PE-Rohren mit eingebaut werden kann. Einige Pfahlhersteller bieten hier bereits fertig konfektionierte Systeme an. Nach Herstellung des Pfahles werden die Anschlussleitungen für den integrierten Wärmetauscher hergestellt. Die Mehrkosten der Wärmetauscherrohre sind meist gering, die gesamte Planung hinsichtlich der konstruktiven Ausbildung und energetischen Einbindung muss jedoch bereits zu Projektbeginn miteinbezogen werden.

Für die Errichtung und den Betrieb von Energiepfählen sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Die statischen Anforderungen des Bauwerkes bestimmen Pfahllängen und die Pfahlverteilung.
- Aufgrund der oft geringen Abstände sollten die Energiepfähle als saisonaler Speicher (saisonaler Heiz- und Kühlbetrieb) verwendet werden.

Des Weiteren können erdberührende Bauteile wie Bodenplatten, Fundamente, Schlitzwände etc. ebenfalls für die Wärmegewinnung und -speicherung genutzt werden. Diese so genannte thermische Aktivierung (**SIEHE KAPITEL 2.4**) erfolgt durch den Einbau eines Wärmetauschersystems analog zu den Energiepfählen.

2.2 Wärmeabgabesysteme und Warmwasserbereitung

2.2.1 Geeignete Wärmeabgabesysteme für Erdwärmenutzungen

Auf Grund des in der Wärmepumpe eingesetzten Carnot'schen Kreisprozesses wird der Großteil der benötigten Energie dem umgebenden Erdreich oder dem Grundwasser entnommen und auf ein höheres nutzbares Temperaturniveau gebracht. Für den Betrieb der Wärmepumpe ist dabei nur ein geringer Anteil der gesamten abgegebenen Wärmeenergie in Form von Strom notwendig. Die Aufteilung der notwendigen elektrischen Energie zur abgegebenen Wärmeenergie wird durch die sogenannte Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe ausgedrückt. Generell gilt: Je höher die JAZ, desto mehr Energie wird dem Boden entnommen und desto weniger Strom wird durch die Wärmepumpe verbraucht (und somit an Heizkosten gespart).

Um eine hohe JAZ zu gewährleisten, sind folgende Voraussetzungen zu beachten:

- geringe Vorlauftemperatur des Heizsystems, ideal 35 °C
- gute Wärmedämmung des Gebäudes
- Wärmequelle mit konstanter Temperatur, ideal Grundwasser und Erdreich
- optimale Abstimmung von Wärmequellenanlage, Wärmepumpe und dem Wärmeabgabesystem durch eine fachmännische Planung und Ausführung

Nicht alle Gebäude sind daher für eine Beheizung mit Erdwärme geeignet. Hohe Vorlauftemperaturen der Heizungsanlage in Kombination mit einem hohen Heizwärmebedarf führen zu geringen Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpe und somit zu einer nicht effizienten Heizung. Nur wenn dabei der verwendete Strom vollständig aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird, ist auch bei geringeren Jahresarbeitszahlen eine geringere CO₂-Bilanz der Wärmepumpenheizung im Vergleich zu fossilen Brennstoffen gegeben.

Da eine Korrelation zwischen der Vorlauftemperatur (VLT) bzw. Nutzttemperatur und der Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe und somit der Effizienz der Wärmepumpenheizung besteht, gilt grundsätzlich: Je niedriger die VLT des Wärmeabgabesystems ist, desto höher ist die Effizienz (JAZ) der Wärmepumpenanlage und umso niedriger sind damit die Heizkosten. Für Neubauten ist ein möglichst großflächiges Wärmeabgabesystem (Wandheizung, Fußbodenheizung, Bauteilaktivierung) mit einer maximalen VLT von 35 °C zu wählen. Bei Altbauten wird man in der Regel auf Niedertemperatur-Radiatoren zurückgreifen. Diese sind für max. 55 °C bis 65 °C VLT auszulegen. Die JAZ einer wirtschaftlichen Wärmepumpenheizung von z.B. 4,0 (Erdwärme-Sole) bezieht sich meist auf eine VLT von 35 °C.

Bei alten Gebäuden kann durch eine thermische Sanierung der Heizwärmebedarf beträchtlich gesenkt werden. Ebenfalls ist bei der bestehenden Heizungsanlage abzuklären, ob durch einen verminderten Wärmebedarf aufgrund der Sanierung die notwendige Vorlauftemperatur abgesenkt werden kann. Hier gilt wiederum: Je geringer die Vorlauftemperatur, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe.

In **TABELLE 1** sind die Temperaturniveaus verschiedener Wärmeabgabesysteme in Abhängigkeit des Alters dargestellt. Das angegebene Temperaturniveau ist für die Jahresarbeitszahl

Bauperiode	Wärmeabgabesystem	Bestandsgebäude		Saniertes Gebäude		
		Vorlauf [° C]	Rücklauf [° C]	Vorlauf [° C]	Rücklauf [° C]	
bis 1945	Radiator	90	70	Radiator	55	40
1946–1980	Radiator	70	55	Radiator	45	35
1981–1990	Radiator	70	55	Radiator	45	35
1991–2001	Radiator	55	40	Radiator	40	30
nach 2001	Fußbodenheizung	40	30	Fußbodenheizung	32	28

des Wärmepumpensystems von großer Bedeutung.

Tab. 1
Zuordnung der Wärmeabgabesysteme zum derzeitigen Gebäudebestand und zum sanierten Gebäudebestand

Publizierbarer Endbericht zu Projekt GEO-Pot⁴

⁴ Ostermann, V., Götzl, G., Steckler, P., Zottl, A., Heimrath, R., Novak, A. & Kalasek, Robert (2010): GEO-Pot – Seichtes Geothermie Potenzial Österreichs. Überregionale, interdisziplinäre Potenzialstudie zur Erhebung und Darstellung des oberflächennahen geothermischen Anwendungspotenzials auf Grundlage eines regelmäßigen Bearbeitungsrassters. Publizierbarer Endbericht. Programm Energie der Zukunft.

2.2.2 Wärmepumpe und Warmwasserbereitung

Alle Wärmepumpen, egal welche Wärmequelle sie nutzen, können sowohl zur Bereitstellung von Raumwärme als auch zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Aufgrund der höheren Warmwassertemperaturen (etwa 55–60 °C) ergeben sich jedoch geringere Jahresarbeitszahlen als beim reinen Heizbetrieb. Die hohe Warmwassertemperatur von 60 °C ist aufgrund des gesetzlich vorgeschriebenen Legionellenschutzes bei vielen Anlagen, besonders bei Schulen und Sportstätten, notwendig.

Die Wärmepumpe kann dabei als reine Heizungswärmepumpe, als Heizungswärmepumpe mit Warmwasserbereitung oder als reine Warmwasserwärmepumpe betrieben werden. Je nach Einsatzbereich ändert sich die Effizienz der Wärmepumpe. Während die Heizungswärmepumpe für eine Heizungsvorlauftemperatur von 35 °C ausgelegt wird, liefert sie bei Warmwasserbereitung höhere Temperaturen von ca. 55 °C für den Boiler. Sollte jedoch Warmwasser über 60 °C erzeugt werden, muss entweder mit einem Elektroheizstab oder mit einer speziellen Wärmepumpe (Hochtemperatur-Wärmepumpe bzw. Wärmepumpe mit einem Heißgaswärmetauscher) nachgeholfen werden. Wie einleitend bereits beschrieben, nimmt die Effizienz der Wärmepumpe bei hohen Temperaturen ab. Wenn zum Beispiel in sehr gut gedämmten Gebäuden der Anteil der Energie für das Warmwasser im Verhältnis zur Energie für die Raumheizung zunimmt, sinkt die Effizienz der Wärmepumpe um bis zu 20–30 %.

Weitere Informationen zum Thema Wärmepumpen und Warmwasser finden Sie in den Technologieleitfäden der Stadt Wien „Wärme! pumpen – zur energieeffizienten Wärmeversorgung“ und „Warm!wasser – effizient bereitstellen“⁵.

2.3 Nutzung von Erdreich und Grundwasser zum Kühlen und Speichern

2.3.1 Kühlen mit Erdreich und Grundwasser

Der Untergrund kann nicht nur zum Heizen, sondern auch zum Kühlen von Gebäuden verwendet werden. Durch steigende mittlere Temperaturen im Jahresdurchschnitt bekommt diese Eigenschaft des Untergrunds einen immer höheren Stellenwert. Bei gewerblichen Gebäuden steht dabei nicht nur die Raumkühlung, sondern auch die Kühlung von z.B. Serverräumen, Kühlagern etc. im Vordergrund.

Besonders energieeffizient ist dabei die sogenannte freie Kühlung – im Englischen „Free Cooling“. Die für den Heizbetrieb notwendige Wärmepumpe wird dabei umgangen und die überschüssige Raumwärme direkt über einen Wärmetauscher an das Erdreich abgegeben. Das im Gebäude vorhandene Wärmeabgabesystem (Fußboden- oder Wandheizung) arbeitet dann als Kühlelement, alternativ dazu können auch andere Kühlelemente wie Kühldecken verwendet werden. Die im Sommer an das Erdreich abgegebene Wärme lädt den Untergrund thermisch auf und führt damit im Winter zu einer Effizienzerhöhung der Wärmepumpe, da im Erdreich mehr gespeicherte Wärme zur Verfügung steht. Der Wärmeeintrag hilft zudem dem Erdreich, sich nach dem Winter rascher zu regenerieren.

Bei hohem Kühlenergiebedarf des Gebäudes reicht eine freie Kühlung in der Regel nicht aus und es muss zu konventionellen Kühlanwendungen mittels Kühlanlagen oder reversiblen Wärmepumpen gegriffen werden. Dabei wird ebenfalls die entstehende Abwärme über die Wärmequellenanlage in das Erdreich eingespeist. Im Vergleich zur freien Kühlung muss dabei auch die in der Kühlanlage verwendete elektrische Energie abgeführt werden.

⁵ Online verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/pdf/waermepumpenleitfaden.pdf> <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/pdf/leitfaden-warmwasser.pdf>

Sehr häufig wird zur Kühlung Grundwasser herangezogen, meist handelt es sich dabei um gewerbliche Nutzungen. Aufgrund der hohen Wärmespeicherkapazität kann Wasser viel Wärme aufnehmen und abtransportieren. Über einen Wärmetauscher wird dabei die Überschusswärme direkt an das entnommene Grundwasser getauscht. Für Raumkühlungen bietet sich wiederum als kostengünstige Variante die freie Kühlung an, bei hohem Kühlbedarf kommen konventionelle Kühlanlagen zum Einsatz. Welche Grundwassermenge thermisch genutzt werden darf und die dabei entstehende maximale Temperaturerhöhung des thermisch genutzten Wassers wird von der Behörde vorgegeben. Reine Kühlanwendungen und damit eine einseitige thermische Belastung des Grundwasserkörpers werden zusehends nicht mehr bewilligt, da eine ausgeglichene thermische Bilanz des Untergrunds angestrebt wird.

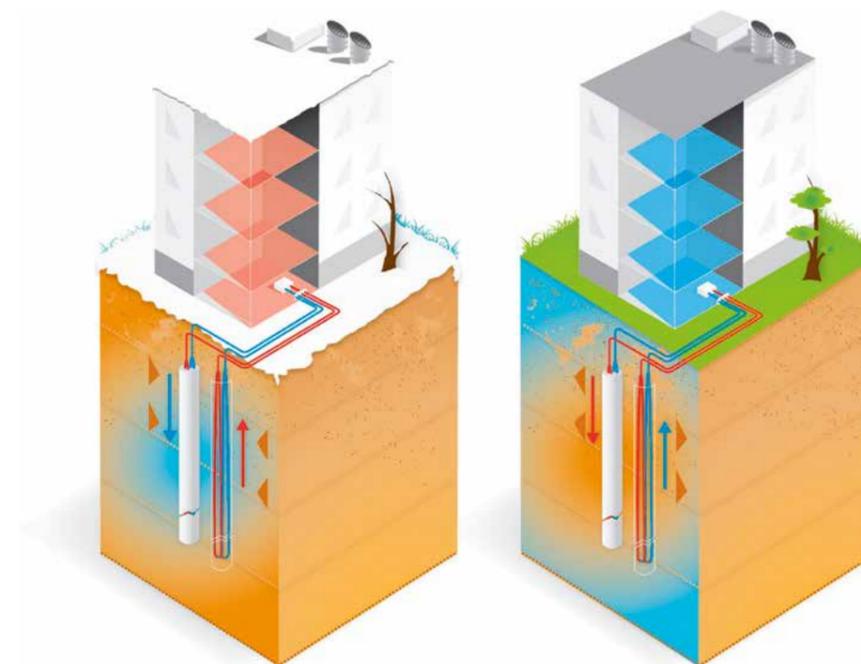


Abb. 7
Schematische Darstellung einer Wärmepumpenanlage mit Erdwärmesonden, die zum Heizen und zur energiesparenden passiven Kühlung genutzt wird

Quelle: Bundesverband Wärmepumpen e.V.

2.3.2 Der Untergrund als Wärmespeicher

Der Untergrund besitzt neben seiner Wärmeleitfähigkeit auch eine Fähigkeit zur Wärmespeicherung, wodurch sowohl Sedimente und Gesteine als auch das Grundwasser im Untergrund daher als Wärmespeicher herangezogen werden können. Diese Eigenschaft wird durch den Faktor der Wärmespeicherkapazität ausgedrückt. Je nach Zusammensetzung kann das Erdreich mehr oder weniger Energie speichern. Überschusswärme kann dabei ohne technischen Mehraufwand in die bestehende Wärmequellenanlage eingeleitet werden. Aufgrund der höheren Temperaturen der Sole gegenüber dem Erdreich wird Wärme an dieses abgegeben. Nach diesem Prinzip erfolgt eine Einspeicherung von Wärme über mehrere Wochen bis Monate ohne große Verluste und ohne chemische oder mechanische Veränderungen. Geothermische Speicher können so den zeitlichen Versatz zwischen hoher Solarstrahlung im Sommer mit niedrigem Heizenergiebedarf und hohem Heizenergiebedarf im Winter ausgleichen. Als überschüssige Wärme kann dabei sowohl Solarstrahlung aus z.B. solarthermischen Kollektoren als auch Abwärme aus Industrie und Gewerbe in geothermische saisonale Speicher eingebracht werden. Die vollständige Nutzung erneuerbarer Energie durch saisonale

Speicherung ist somit ohne großen Mehraufwand möglich und führt zu einer Steigerung der Effizienz solcher Anlagen.

Es gibt mehrere Arten von unterirdischen thermischen Energiespeichern. Welche Art für einen Standort geeignet ist, hängt von der Zusammensetzung der Gesteinsmatrix sowie vom Vorhandensein von (strömendem) Grundwasser ab. Neben technischen Bauwerken wie Erdbecken- oder Behälterwärmespeicher aus z.B. Stahlbeton werden hauptsächlich Erdwärmesondenfelder sowie stehende und örtlich begrenzte Grundwasserkörper (Aquifere) als Speicher verwendet.

- **Erdwärmesondenfelder** können sowohl als Wärmequellen und -senken dienen, sie können dabei ohne zusätzliche Kosten als saisonaler Speicher herangezogen werden. Der Speicher wird dabei je nach Jahreszeit be- oder entladen und stellt damit Kälte oder Wärme bereit.
- **Aquiferspeicher** nutzen wasserführende Schichten (Aquifere) im Untergrund, in denen das enthaltene Wasser nicht oder kaum fließt. Das umgebende Gestein leitet die Wärme schlecht und wirkt dadurch wie eine Isolation für die eingeleitete Wärme.

2.4 Thermische Aktivierung von Bauteilen

2.4.1 Thermische Aktivierung im Hochbau

Die thermische Aktivierung von Betonbauteilen ist bereits seit Mitte der 1970er-Jahre bekannt und wird im Hochbau erfolgreich eingesetzt. Aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit ($\lambda = 2,3 \text{ W/m K}$, Stahlbeton) eignen sich Betonbauteile hervorragend als Wärmeaufnahme- und Wärmeabgabesysteme. In den letzten Jahren kommen daher vermehrt Heiz- bzw. Kühldecken, speziell bei Büro- und Verwaltungsgebäuden, aber auch im Wohnbau zum Einsatz. In den Betondecken eingelegte Kunststoff-Rohrregister „aktivieren“ diese Bauteile thermisch, geben im Heizbetrieb Wärme ab und nehmen bei Kühlbedarf Wärme auf.

Diese aktivierten Bauteile lassen sich gut mit einer Wärmepumpe und einer geothermischen Wärmegewinnungsanlage koppeln. Der Heizwärmebedarf kann so über Wärmepumpe und Wärmeentzug über Erdwärmesonden aus dem Boden oder direkt aus dem Grundwasser gedeckt werden. Bei Büro- und Verwaltungsgebäuden ist im Sommer meist ein hoher Kühlbedarf gegeben. Hier zeigen solche Systeme ihre Stärke, weil sie Kühlleistung zu einem Bruchteil der Kosten von herkömmlichen Klimaanlage bereitstellen, indem sie den Untergrund als Wärmesenke nutzen. Bei guter Planung und unter entsprechenden Voraussetzungen erfolgt im bereits beschriebenen Freecooling-Modus ohne den Einsatz der Wärmepumpe nur mit Hilfe von Umwälzpumpen die gesamte Kühlung.

2.4.2 Thermische Aktivierung erdberührender Bauteile

Auch im Bereich der Fundamentierung können massive erdberührte Betonteile, wie Pfähle oder Schlitzwände, zusätzlich thermisch genutzt werden. Alle Arten von massiven Betonbauteilen werden dabei mittels einbetonierten Kunststoff-Wärmetauschern „geothermisch bewirtschaftet“, nutzen also als Wärmequelle Erdwärme oder Grundwasser und sind im Normalfall mit einer Wärmepumpe gekoppelt. Das bedeutet: Erdverbundene Betonteile nehmen im Heizbetrieb Wärme aus der Erde auf und geben diese an die Wärmepumpe ab, im Kühlbetrieb nehmen sie Wärme auf. Eine saisonale Pufferung von Wärmeenergie ist somit möglich. Die Größe dieses Energiepuffers hängt vom Volumen der aktivierten Bauteile ab. Die Kombination von Beton und Erdwärme hilft so mit, die Betriebskosten von Gebäuden zu senken, Energie zu sparen und weitere CO₂-Emissionen zu vermeiden.

3 PLANUNG VON ERDWÄRMEHEIZUNGS- UND -KÜHLANLAGEN

3.1 Planungsablauf bei Erdwärmeanlagen

Im generellen Planungsablauf einer Wärmepumpenheizung mit geothermischer Wärmequellenanlage sind im Vorfeld folgende Punkte durch Fachplaner abzuklären:



3.2 Wahl der Wärmequellenanlage

3.2.1 Entscheidungsparameter

Die Wahl der Wärmequellenanlage richtet sich einerseits nach den örtlichen Gegebenheiten und andererseits nach standortunabhängigen Parametern. Ziel ist es, unter Berücksichtigung der gegebenen Randbedingungen die ökologisch und ökonomisch sinnvollste Wärmequelle zu wählen. Wichtige Kriterien sind:

- Grundstücksgröße, Verbauungsdichte
- Geologische/Hydrogeologische Verhältnisse
- Lage des Grundstücks (eben, Hanglage)
- Zugänglichkeit (z. B. für Bohrgeräte)
- Nutzung des Gebäudes
- Thermischer Gebäudestandard
- Genehmigungsfähigkeit (z. B. bezüglich Grundwassernutzung)
- Investitionsbereitschaft

Die Wahl von Art und Größe der Wärmequellenanlage spielt für den einwandfreien und wirtschaftlichen Betrieb der Wärmepumpe eine entscheidende Rolle und ist entsprechend sorgfältig durchzuführen. Eine Unterdimensionierung der Wärmequellenanlage wirkt sich negativ auf die erzielbare Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe und die Wärmequellenanlage selbst aus.

Generell gilt:

- **Wärmepumpe nicht überdimensionieren!** Eine Überdimensionierung der Wärmepumpe führt zu geringen Laufzeiten und zu häufigen Ein- und Ausschaltzyklen, dies wiederum führt zu einer reduzierten Lebensdauer des Gerätes.
- **Wärmequellenanlage nicht unterdimensionieren!** Eine Unterdimensionierung der Quellenanlage (z.B. zu kurze Erdwärmesonde) führt zu einer zu starken Belastung aufgrund der zu hohen Entzugsleistung.

Unabhängig von der Art der Wärmequelle ist zur Dimensionierung der Wärmequellenanlage die Kälteleistung bzw. Wärmeentzugsleistung des Verdampfers der Wärmepumpe maßgebend. Da die Wärmepumpe ihrerseits auf Grundlage der gewählten Wärmequelle festgelegt wird, ist die Wärmequelle ggf. zunächst grob vorzudimensionieren und dann anhand der Leistungsdaten der gewählten Wärmepumpe genau auszulegen. Ist eine aktive Kühlung geplant, so ist die Leistung der Wärmequelle gegebenenfalls größer zu wählen, da im reversiblen Betrieb der Wärmepumpe neben der Kühllast auch die elektrische Leistung ins Erdreich abgegeben wird.

3.2.2 Systemauswahl

Wie in 3.2.1 beschrieben, wird die Wahl der richtigen Erdwärmequelle von vielen Faktoren beeinflusst. Neben dem Heizwärme- und Warmwasserbedarf sowie der Heizungstemperatur spielen auch die klimatischen und geologischen Gegebenheiten, die rechtlichen Rahmenbedingungen und nicht zuletzt das vorhandene Investitionsbudget eine wesentliche Rolle.

Folgende Überlegungen sollten dabei berücksichtigt werden:

- Die **Grundwasserwärmepumpe** bietet, wenn am Objektstandort möglich, einen guten Kompromiss zwischen Investitionskosten und Betriebskosten. Die Errichtungskosten der Brunnenanlage sind günstiger als die der Erdwärmesonde. Die Betriebskosten sind aufgrund der etwas höheren Pumpleistung nur geringfügig höher als bei der Erdwärmesonde, jedoch günstiger als die der Luftwärmepumpe. Soll Grundwasser als Wärmequelle herangezogen werden, so ist vor Beginn einer detaillierten Planung dessen Verfügbarkeit am Objektstandort in ausreichender Menge und in entsprechender Qualität zu überprüfen. Weiters ist die Genehmigungsfähigkeit der Anlage mit der zuständigen Behörde abzuklären (**SIEHE KAPITEL 6.1.1**).
- **Erdwärmesonden** bedingen höhere Investitionskosten als Flachkollektoren, jedoch geringere Betriebskosten. Bei richtiger Auslegung sind sie langlebig, sicher im Betrieb und wartungsarm. Sie eignen sich für Neubauten, aber auch für Bestandsgebäude, wenn die Heizungstemperatur nicht zu hoch ist. Die Umstellung von Radiatoren auf eine Niedertemperatur-Flächenheizung ist nicht zwingend erforderlich, führt jedoch zu effizienteren Anlagen. Die Genehmigungspflicht einer Erdwärmesondenanlage ist mit den zuständigen Behörden abzuklären (**SIEHE KAPITEL 6.1.2**).
- **Flachkollektoren** verlieren zusehends an Bedeutung, da bei den heutigen Grundstücksgrößen meist die Bereitstellung der benötigten Entzugsfläche nicht möglich ist. Oft überwiegen auch die damit verbundenen Nachteile (Entzugsfläche darf weder versiegelt noch überbaut werden und es ist keine saisonale Wärmespeicherung möglich). Die Investitionskosten für die Erschließung der Wärmequelle sind im Vergleich zu den anderen Systemen gering, des Weiteren ist meist kein Genehmigungsverfahren notwendig. Eine allfällige Genehmigungspflicht einer Flachkollektoranlage ist mit den zuständigen Behörden abzuklären (**SIEHE KAPITEL 6.1.3**).
- Als Alternative zu Flachkollektoren werden vielfach **Erdwärmekörbe** verwendet, sie benötigen bei gleicher Leistung weniger Fläche. Bei der Auslegung dieser Anlagen sollte jedoch eine realistische Entzugsleistung je Korb angesetzt werden.
- Bei großvolumigen Gebäuden mit vielen erdberührenden Bauteilen ist eine **thermische Bauteilaktivierung** anzustreben. Ohne großen Mehraufwand kann zusätzlich Wärme gewonnen und gespeichert werden. Massive Bauteile wie Fundamentplatten und Pfähle können so als Wärmeüberträger und thermische Speichermasse genutzt werden.

Die Entscheidung, welches Wärmequellensystem schlussendlich zum Einsatz kommt, sollte dabei einerseits auf Basis einer Gesamtkostenrechnung über die Nutzungsdauer der Heizungsanlage (Wärmepumpe ca. 20 Jahre und Erdwärmesonden ca. 50 Jahre⁶) und andererseits auf einer technischen und rechtlichen Machbarkeit getroffen werden. Dabei kann vorab die Potenzialkarte als Hinweis für eine mögliche geothermische Nutzung herangezogen werden, **SIEHE DAZU KAPITEL 8.3**.

3.3 Energiebedarfsermittlung

Eine genaue Bedarfsverteilung der Heiz- und Kühlenergie muss vor Beginn der Planung der Wärmequellenanlage bekannt sein, um sie mit dem technisch realisierbaren Erdwärmepotenzial am Standort abgleichen zu können. Während bei Einfamilienhäusern eine Heizlastberechnung zur Dimensionierung der Heizungsanlage ausreicht, ist bei großvolumigen

⁶ http://www.info-geothermie.ch/fileadmin/user_upload/geo/technnotiz1deutsch.pdf; zuletzt besucht 30.05.16

Gebäuden eine thermische Gebäudesimulation zweckmäßig bzw. notwendig. Ausgehend von den standortbezogenen jährlichen Ganglinien der Außentemperatur müssen vor allem die monatsbezogenen Grund- und Spitzenlasten des Heiz- und Kühlbedarfs [kWh/Monat] bzw. [kW/Monat] ermittelt werden. Zur Bestimmung des Nutzenergiebedarfs sind neben den klimatischen Randbedingungen vor allem die bautechnischen Gebäudedaten (Geometrie der Gebäude, Baualter, Sanierungsgrad und Bruttogeschoßfläche) von Bedeutung.

Der Bedarf an Heiz- und Kühlenergie kann mit verschiedenen Ansätzen/Methoden berechnet werden:

- **Heizlastberechnung**

Die Heizlast, früher auch als Wärmebedarf bezeichnet, ist der erforderliche Wärmestrom (Wärmezufuhr), welcher bei der örtlich tiefsten Außentemperatur im Winter die gewünschte Gebäude-/Raumtemperatur sicherstellt.

Sie ist ein Momentanwert für den Extremfall (kältester Wintertag) und quantifiziert den stationären Gleichgewichtszustand zwischen „abfließender“ und zugeführter Wärme unter den gegebenen Bedingungen wie Außentemperatur, Innentemperatur und Dämmeigenschaften der wärmeübertragenden Umfassungsflächen. Als Wärmeverluste werden dabei die Transmissionswärmeverluste sowie die Lüftungswärmeverluste angesetzt. Die für ein Gebäude errechnete Heizlast wird für die Dimensionierung der Wärmepumpe herangezogen.

- **Energieausweis (EA)**

Mit dem Energieausweis wird auf Basis der Wärmedurchgangskoeffizienten $[W/(m^2 K)]$ – auch als U-Wert bekannt – die monatlichen Gewinne und Verluste an Wärmeenergie bilanziert. Er ist somit ein Maß für die thermische Qualität der Gebäudehülle und gibt mit der Energiekennzahl $[kWh/m^2 a]$ an, wie viel Wärmeenergieverbrauch ein spezifisches Gebäude verbraucht. Der Energieausweis wird jedoch mit einer Norminnentemperatur von 20 °C berechnet und gibt somit nicht das reale Benutzerverhalten wieder. Die Ergebnisse des EA sind daher nicht für die Dimensionierung der Wärmepumpe geeignet.

- **Thermische Gebäudesimulation (TGS)**

Mit Programmen zur thermischen Gebäudesimulation können auf Basis von instationären Berechnungsverfahren detaillierte Informationen über das dynamische Energiebedarfsverhalten eines Gebäudes berechnet werden. Es wird der genaue Leistungs- und Energiebedarf für Raumheizung, Raumkühlung, Klimatisierung und Beleuchtung ermittelt. Im Unterschied zu den vorherigen Methoden ist die Bilanzierung des Energiebedarfs in jedem Zeitschritt (z.B. 1 h) möglich.

3.4 Spezielle Planungsaspekte für den großvolumigen Wohnbau

Durch die dichte Verbauung und die Versiegelung großer Flächen in Städten ist eine oberflächennahe Nutzung in Form von horizontalen Kollektoren aufgrund der nicht vorhandenen Flächen bzw. der unterbundenen Sonneneinstrahlung nicht oder nur eingeschränkt möglich. Im Stadtgebiet ist daher meist nur der Einsatz von vertikalen Kollektoren (Erdwärmesonden) möglich. Diese sind platzsparend und können unter versiegelten und überbauten Flächen errichtet werden. In großvolumigen Gebäuden kann der hohe Heiz- und Kühlenergiebedarf durch mehrere, in Sondenfeldern angeordnete Vertikalsonden gedeckt werden.

Erdwärmesondenfelder bestehen üblicherweise aus mehr als fünf Erdwärmesonden. Wie bereits in KAPITEL 2.3.2 beschrieben, eignen sich Erdwärmesondenfelder auch zur saisonalen Speicherung von Überschusswärme (z. B. aus der Solarthermie) oder aus der passiven Kühlung der Gebäude. Die im Sommer eingespeiste Überschusswärme wird im Winter wieder entnommen, was zu einer ausgeglichenen thermischen Bilanz des Untergrundes über das Jahr beiträgt.

Beim Bau von Erdwärmesondenfeldern ist die Kenntnis der (hydro)geologischen und thermischen Eigenschaften des Untergrundes von zentraler Bedeutung, um eine optimale Auslegung der Sonden hinsichtlich Anzahl, Länge und Abstand zu gewährleisten. Neben einem (hydro)geologisch-geotechnischen Gutachten zur Bestimmung des Aufbaus des Untergrundes und dessen thermischer Parameter ist eine Simulation des thermischen Verhaltens von Untergrund und Sonden ratsam. Oft wird dies auch von der Behörde vorgeschrieben. Bei Erdwärmesondenfeldern ist die Errichtung einer Testsonde zur Durchführung eines sogenannten Thermal Response Tests (TRT) ratsam. Mit einem TRT kann die Wärmeleitfähigkeit und der Bohrlochwiderstand des Systems Sonde–Erdreich und somit die Qualität der Sondenherstellung bestimmt werden. Beim Test wird eine konstant aufgeheizte Wärmeträgerflüssigkeit in die Testsonde eingebracht und der resultierende Temperaturanstieg am Rücklauf der Erdwärmesonde gemessen.

Ist am Standort Grundwasser in ausreichender Menge und Qualität vorhanden, ist der Einsatz von **Grundwasserwärmepumpen** zur Deckung des Energiebedarfs von großvolumigen Gebäuden möglich. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass es durch eine unkoordinierte thermische Nutzung des Grundwassers durch zahlreiche kleine Einzelanlagen oder einzelne Großanlagen sehr rasch zu einer gegenseitigen Beeinflussung und somit zu einer ineffizienten und nicht nachhaltigen Bewirtschaftung kommen kann. In manchen Städten führt diese Situation bereits zur Diskussion eines Verbots von thermischen Grundwassernutzungen vor allem nur für Kühlzwecke.

3.5 Spezielle Planungsaspekte für Sanierungen

Dank geringem Platzbedarf kann eine Wärmepumpenheizung in der Altbausanierung eine gute Lösung sein. Allerdings müssen auch hier die entsprechenden Rahmenbedingungen eingehalten werden. Hohe Effizienz und damit niedrige Betriebskosten sind nur bei Gebäuden mit niedrigem Heizwärmebedarf und einer Niedertemperaturheizung zu erreichen. Bei alten Gebäuden ist es vor dem Einbau einer Wärmepumpenheizung meistens notwendig, den Energieverbrauch durch thermische Sanierungsmaßnahmen zu senken. Ebenso ist bei den bestehenden Heizkörpern abzuklären, ob die erforderliche Wärmemenge auch mit geringeren Vorlauftemperaturen in die Räume eingebracht werden kann. Vorlauftemperaturen über 35 °C machen die Wärmepumpe ineffizienter.

Für schwer erreichbare Häuser ist die Wärmepumpe ideal, da sie auf keine Brennstoffzulieferungen angewiesen ist. Von einer Luftwärmepumpe in der Altbausanierung ist sowohl aus ökologischer Sicht als auch aus Kostengründen abzuraten.

Bei Sanierungen ist die parallele Nutzung der bestehenden Heizung zusammen mit einer neuen Wärmepumpe möglich. Die Wärmepumpe deckt die Grundlast an den meisten Tagen des Jahres alleine ab. Zur Spitzenlastabdeckung wird die bestehende Heizungsanlage dazugeschaltet. Durch eine effiziente Abstimmung können die Betriebskosten optimiert werden. Der Betrieb von zwei Heizsystemen bedeutet allerdings höhere Service- bzw. Wartungskosten.

3.6 Hinweise für Planung und Ausführung der Wärmequellenanlagen

3.6.1 Grundwasserwärmepumpe

Bei der thermischen Grundwassernutzung wird das aus dem Entnahmehrunden entnommene Wasser im Wärmetauscher der Wärmepumpe abgekühlt bzw. aufgewärmt und dann dem Grundwasserkörper über einen Schluckbrunnen wieder zugeführt. Für einen wirtschaftlichen Betrieb einer solchen Wärmegewinnungsanlage ist ein geeigneter Grundwasserkörper Voraussetzung. Zur Beurteilung der Eignung müssen dessen hydrogeologischen und hydrochemischen Eigenschaften bekannt sein.

- **Hydrologische/hydraulische Parameter**

Die Ergiebigkeit des Entnahmehrunden muss auch für eine Dauerentnahme während einer starken Frostperiode gegeben sein. Dies ist durch einen Pumpversuch nachzuweisen. Dabei wird die Pumprate in mehreren Stufen bis zum geplanten Nenndurchfluss gesteigert und die dabei entstehende Absenkung des Wasserspiegels im Brunnen gemessen. Die höchste Pumprate (etwa 1,2-facher Nenndurchfluss der Wärmepumpe) ist als Dauerstufe über mindestens 48 Stunden zu halten. Die Ergebnisse des Pumpversuches zeigen, ob der Entnahmehrunden zur Versorgung der Wärmepumpe auch im Dauerbetrieb geeignet ist. Weiters kann auf die Versickerungsfähigkeit des Bodens rückgeschlossen werden.

- **Hydrochemische und physikalische Parameter**

Die Temperatur und die chemische Zusammensetzung des Grundwassers haben einen wesentlichen Einfluss auf den Betrieb und die Lebensdauer der Anlage. Eine hydrochemische Untersuchung des Grundwassers ist daher noch vor Planungsbeginn unbedingt erforderlich.

Hinsichtlich der hydrochemischen Beschaffenheit sind besonders stark eisen- und manganhaltige Wässer zu nennen, da diese in Verbindung mit Sauerstoff zu Ausfällungen neigen. Diese Ausfällungen können zu Verlegungen von Brunnenfiltern, Förderpumpen, Wärmetauschern und Versickerungsanlagen führen und damit erhebliche Betriebsprobleme verursachen.

Um hier größere Probleme im Betrieb der Anlage zu vermeiden, sollte bei ungeeigneten hydrochemischen Parametern von einer thermischen Nutzung abgesehen werden. Bei geringfügigen Überschreitungen einzelner Parameter bieten sich folgende Möglichkeiten:

- Anordnung eines Zwischenkreiswärmetauschers
- direkte Rückgabe des thermisch veränderten Wassers in den Grundwasserkörper

Die Versickerung des Rückgabewassers hat in jedem Fall getrennt von der Versickerung von Niederschlagswässern zu erfolgen!

In der Planungsphase von thermischen Grundwassernutzungsanlagen sind folgende Erfordernisse und Aspekte zu berücksichtigen:

- Ermittlung der Reichweite der Absenkung bzw. der Aufhöhung des Grundwasserspiegels beim Entnahmehrunden bzw. beim Schluckbrunnen
- Ermittlung der Temperaturveränderung des Grundwassers im Bereich der Wiedereinleitung und des temperaturbeeinflussten Bereiches
- Eine Ausführung des Rückgabehrunden als Sickerschacht ist gegenüber einem Bohrbrunnen anzustreben; nur in Ausnahmefällen soll eine direkte Einleitung in den Grundwasserkörper erfolgen (Gefahr der Verockerung und Versinterung im Sickerschacht durch Luftzutritt).

- Oberflächennahe Abdichtung der Bohrungen, wasserdichte Ausführung des Brunnenkopfes bzw. eines vorhandenen Vorschachtes, um einen Schadstoffeintrag in den Grundwasserkörper zu verhindern.
- Eine Wiederherstellung der das Grundwasser schützenden und trennenden Bodenschichten (Deckschichten) nach Fertigstellung einer Bohrung ist zu gewährleisten.
- Berechnung des erforderlichen Mindestabstandes zwischen dem Entnahmehrunden und dem Schluckbrunnen zur Vermeidung eines hydraulischen und/oder thermischen Kurzschlusses; die Anlage ist entsprechend den standortspezifisch möglichen Abständen entsprechend anzupassen.
- Nachweis der Ergiebigkeit des Entnahmehrunden und der Sickerleistung des Schluckbrunnens
- Um die thermischen und hydraulischen Wirkungen auf benachbarte Grundwassernutzungen zu minimieren, sind die benachbarten Anlagen zu erheben und in der Planung zu berücksichtigen. Dazu ist eine einfache Thermalfahrenberechnung nach Ingele durchzuführen (ÖWAV-Regelblatt 207, SIEHE KAPITEL 10.4).

3.6.2 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden bestehen aus einem Wärmetauscher, der in eine vertikale Bohrung eingebaut und mittels einer aushärtenden Verpresssuspension thermisch an den Untergrund angekoppelt wird. Als Wärmetauscher kommt dabei ein Rohrbündel (Einfach- oder Doppel-U-Sonde) oder ein koaxiales Rohr (Außenrohr mit Innenrohr) aus Polyethylen zum Einsatz.

Bemessung:

Die notwendige Länge der Erdwärmesonden ist generell so zu bemessen, dass es bei geplanter Leistungsentnahme bzw. -rückspeisung zu keiner unzulässigen Abkühlung bzw. Erwärmung der unmittelbaren Sondenumgebung kommt. Dies ist erfüllt, wenn die mittlere Temperatur des Wärmeträgermediums beim Heizen $-1,5\text{ °C}$ nicht unterschreitet bzw. beim Kühlen die maximale Temperatur von 30 °C nicht übersteigt.

Gemäß ÖWAV-Regelblatt 207 kann die Bemessung nach folgenden Methoden erfolgen:

- Bemessung nach Betriebsdaten bestehender Anlagen
- Bemessung nach der VDI 4640 – Thermische Nutzung des Untergrundes⁷
- Bemessung nach SIA 384/6 – Erdwärmesonden
- Bemessung mittels numerischer Modellierung

Welche Methode im Einzelfall zur Anwendung kommt, richtet sich nach folgenden Gesichtspunkten:

- Als rasche Vorbemessung eignet sich das Verfahren nach VDI 4640. Als Eingangsparameter sind nur die geschätzten Betriebsstunden der Anlage sowie eine grobe geologische Ansprache des Sondenstandortes notwendig. Die Berechnung der erforderlichen Sondenlänge erfolgt auf Basis der spezifischen Entzugsleistung (Watt pro Laufmeter Sondenlänge).
- Bestehen im Umfeld des geplanten Sondenstandortes bereits Anlagen mit entsprechenden Betriebsdaten und werden dabei die laut Regelblatt vorgegebenen Temperaturgrenzwerte des Wärmeträgermediums eingehalten, so kann nach den spezifischen Entzugsleistungen der bestehenden Anlagen bemessen werden.
- Für kleine Anlagen mit überwiegendem Heizbetrieb eignet sich die Bemessung nach SIA 384/6⁸. Voraussetzung dafür ist, dass die thermischen Parameter des Untergrundes am geplanten Sondenstandort bekannt bzw. mit ausreichender Genauigkeit abgeschätzt werden können.

⁷ Verein Deutscher Ingenieure (2010): VDI 4640 Blatt 2 – Thermische Nutzung des Untergrundes – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen

⁸ SIA (2010): SIA 384/6 – Erdwärmesonden. Schweizer Norm (SN). Schweizer Ingenieur- und Architektenverein (SIA).

- Bei komplexeren Anlagen mit Heiz- und Kühlbetrieb bzw. bei Sondenfeldern ist die Bemessung mittels numerischer Modellierung durchzuführen. Der Modellierungszeitraum soll dabei die Zeit bis zum Erreichen eines neuen thermischen Gleichgewichtszustandes abdecken. Als Ergebnis der Modellrechnung wird die Temperaturganglinie des Wärmeträgermediums über den gesamten Modellierungszeitraum berechnet. Bei der Planung größerer Erdwärmesondenfelder sollte generell ein Thermal Response Test an einer Testsonde ausgeführt werden. Die Ergebnisse dieses Tests (effektive Wärmeleitfähigkeit und Bohrlochwiderstand) können direkt in der Modellrechnung übernommen werden und verbessern deutlich die Ergebnisse der Berechnung. Dadurch ist eine genauere und somit wirtschaftlichere Bemessung möglich.

Die Herstellung einer Erdwärmesonde gliedert sich in folgende Arbeitsschritte:

1. Abteufen der Sondenbohrung bis auf die geplante Tiefe. Der Abstand der Bohrpunkte zur Grundstücksgrenze sollte dabei mindestens 2,5 m betragen, der Abstand zwischen den Sonden sollte etwa 8 m betragen.
2. Einbau der wassergefüllten Sondenverrohrung inklusive Verpressrohr bis zur Bohrlochsohle. Wichtig dabei ist, dass das Sondenbündel leicht und ohne großen Kraftaufwand in das Bohrloch gleitet.
3. Vollständige und lückenlose Verpressung des verbleibenden Ringraumes mit vorzugsweise thermisch verbessertem Verpressmaterial.

Zum Nachweis der Funktionsfähigkeit der Sondenverrohrung werden nach dem Verpressen ein Durchflusstest sowie eine Druckprüfung durchgeführt. Beide Tests werden protokolliert und der Baudokumentation beigelegt. Nach Abschluss dieser Tests werden die Sondenrohre bis zur Herstellung der horizontalen Anbindeleitung dicht verschlossen, um das Eindringen von Verunreinigungen zu verhindern.

3.6.3 Erdwärmekollektoren / Flachkollektoren

Erdwärmekollektoren sind oberflächennahe, horizontal verlegte Wärmerohre im Erdreich, die von einem frostsicheren Solegemisch durchflossen werden. Voraussetzungen für die Nutzung von Erdwärmekollektoren sind:

- ausreichend große, freie Grundstücksflächen
- kein oder nur geringes Gefälle
- geeignete Bodenbeschaffenheit (möglichst bindiger, feuchter Boden)

Sind die oben genannten Anforderungen erfüllt, stellen Erdwärmekollektoren eine preisgünstige und effiziente Form der Wärmequelle dar. Nachfolgende Planungshinweise sollten bei der Verwendung von Erdwärmekollektoren vorab berücksichtigt werden:

- Erdwärmekollektoren dürfen nicht überbaut, die Oberfläche über den Kollektoren darf nicht versiegelt werden.
- Die Verlegetiefe liegt zwischen 1,2 m und 1,5 m (mindestens 0,2 m unter der Frostgrenze).
- Der Verlegeabstand wird üblicherweise zwischen 0,3 m und 0,8 m in Abhängigkeit vom Durchmesser der Entzugsrohre und der Bodenart gewählt (z.B. 0,8 m bei einem Rohrdurchmesser DN 32).
- Im Regelfall werden mehrere Erdwärmekollektorkreise verlegt, die in einem Verteiler zusammengeführt werden. Die einzelnen Kreise sollten nicht länger als 100 m sein und die gleichen Längen aufweisen.
- Der Abstand zur Grundstücksgrenze sollte mindestens 1 m betragen, ggf. fordern lokale Vorschriften einen größeren Abstand.
- Wasser- und Abwasserleitungen sind mit ausreichendem Abstand zum Kollektor zu verlegen.

Erdkollektoren sind in Wien großteils bewilligungs- und anzeigefrei. Das bedeutet, dass die zuständige Behörde über den Bau des Kollektors nicht informiert werden muss (anzeigefrei), es ist auch keine Zustimmung in Form eines Bescheides notwendig (bewilligungsfrei). Achtung: In Wasserschutz- und Schongebieten sowie im unmittelbaren Einzugsbereich von Trinkwasserbrunnen und -quellen ist auch hier eine wasserrechtliche Bewilligung erforderlich!

3.7 Kombination mit anderen regenerativen Quellen

Die Komponenten einer Wärmepumpenheizung (Wärmequellenanlage sowie Wärmepumpe) sind technisch ausgereifte und erprobte Systeme. Eine hocheffiziente Wärmepumpe allein garantiert jedoch noch keine effiziente Wärmepumpenheizung. Die Wärmepumpe ist bei der Warmwasserbereitung deutlich ineffizienter als bei der Erzeugung von Heizwärme. Durch die höheren Warmwassertemperaturen liegt die JAZ meist nur bei 2,5 bis 3,5. Eine Solaranlage für Warmwasserbereitung erreicht im Vergleich dazu eine JAZ von mehr als 20! Deshalb ist eine Kombination mit anderen regenerativen Energiequellen ideal.

3.7.1 Kombination mit Solarthermie

Die Solaranlage kann im Jahresmittel ca. 70 % des Warmwasserbedarfs eines Einfamilienhauses decken, in den Sommermonaten sogar bis zu 100 %. Dadurch erhöht sich der Anteil erneuerbarer Energie und zusätzlich sinken die Betriebskosten. Außerdem kann die Wärmepumpe nach der Heizperiode abgeschaltet werden, da die Warmwasserproduktion durch die Solaranlage erfolgt, was wiederum die Lebensdauer der Anlage verlängert.

Im großvolumigen Wohnbau hingegen ist der für die solare Nutzung vorhandene Flächenanteil (meist Dachflächen) im Vergleich zur Wohnfläche gering. Der solare Nutzungsgrad ist daher bei weitem geringer als im Einfamilienhaus und beträgt etwa 30 bis 40 %. Bei Kombination mit Erdwärmesondenfeldern kann die im Sommer überschüssige Solarenergie jedoch vollständig zur Regeneration der Sonden verwendet werden.

3.7.2 Kombination mit Photovoltaik

Eine Photovoltaik-Anlage hat im Gegensatz zu einer Solaranlage keinen Einfluss auf die Effizienz der Wärmepumpe. Sie kann aber den von der Wärmepumpe benötigten Strom im Sommer ökologisch produzieren und der Umwelt somit „sauber zurückgeben“.

Eine 3 kW peak Photovoltaik-Anlage (ca. 25 m²) erzeugt jährlich in etwa so viel Solarstrom, wie eine effiziente Wärmepumpenheizung für ein Einfamilienhaus inklusive Warmwasserbereitung (4 Personen) verbraucht.

3.7.3 Kombination mit Abwärme

Ein großes Potenzial liegt in der Nutzung der sogenannten Anergie. Als Anergie wird Wärmeenergie auf sehr niederem Temperaturniveau bezeichnet, welche zumeist als Abwärme an die Umwelt abgegeben wird. Einen neuen und innovativen Lösungsansatz für die Nutzung dieser Energie stellt die sogenannte kalte Fernwärme dar. Dabei handelt es sich um ein kaltes (max. 20 °C) wassergeführtes Verteilnetz, welches einerseits als Senke für Abwärme und andererseits als Quelle für dezentrale Wasser/Wasser-Wärmepumpen dient. Auf diese Weise kann jegliche Art von bis dato ungenutzter Anergie (Abwärme aus Kühlanlagen, EDV-Kühlungen, Abwärme aus Abwasser etc.) in das Anergienetz eingespeist werden. Gleichzeitig sind die Verteilverluste aufgrund der niedrigen Temperatur im Netz sehr gering. Das Anergienetz kann mit einem Erdsondenfeld verbunden werden, welches primär als Speicher dient.

4 BAU VON ERDWÄRMENNUTZUNGSANLAGEN

4.1 Ausschreibung der Leistungen und Vergabe

Für die Ausschreibung der Leistungen, welche im Zuge der Errichtung von Erdwärmennutzungsanlagen notwendig sind, gibt es weder in der Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur (LBVI) noch in der Leistungsbeschreibung Hochbau (LBH) entsprechende Leistungsbeschreibungen. Erst in der Überarbeitung des LBVI ist die Aufnahme von Leistungsbeschreibungen für Erdwärme geplant. Als Grundlage für eine entsprechende Ausschreibung sei auf die Angebotsgrundlagen für Spezialtiefbauarbeiten/Besondere Angebotsgrundlagen für Erdwärmesondenbohrungen der VÖBU verwiesen (SIEHE KAPITEL 10).

4.2 Bohrverfahren

Die **Entnahme- und Schluckbrunnen einer Grundwasserwärmepumpenanlage** werden meist als Schachtbrunnen ausgeführt. Dabei werden Fertigbeton-Schachtringe im sogenannten Absenkverfahren auf die entsprechende Solltiefe abgesenkt. Bei größeren Tiefen ist ein Vertikalfilterbrunnen meist kostengünstiger. Die dazu notwendige Bohrung wird als Trocken- oder Spülbohrung ausgeführt und wie ein konventioneller Brunnen ausgebaut.

Bei der Herstellung der Bohrungen für **Erdwärmesonden** kommen in erster Linie direkte Spülbohrverfahren zur Anwendung, die auch im Brunnenbau eingesetzt werden. Bei diesem Verfahren wird das aus dem Erdreich gelöste Bohrgut kontinuierlich in einem Spülstrom an die Oberfläche gefördert. In wechselnden Untergrundverhältnissen und nicht standfesten Böden ist das Doppelkopfbohrverfahren weit verbreitet, bei dem eine Hilfsverrohrung zur Stützung des Bohrloches eingebaut wird.

Anfallendes Bohrgut und die Bohrspülung sind fachgerecht zu entsorgen. Dies gilt insbesondere auch für das bei Imlochhammerbohrungen ggf. anfallende mit Bohrgut vermischte Grundwasser. Die Möglichkeit der Ableitung dieses Wassers in ein Oberflächengewässer bzw. in einen Abwasserkanal ist mit den zuständigen Magistratsabteilungen abzustimmen.



Foto: Richard Niederbrucker

Abb. 8
Erdwärmebohrung

4.2.1 Mögliche Gefahren durch Bohrungen

Jede tiefere Bohrung birgt die potenzielle Gefahr einer Grundwasserverunreinigung. Während des Bohrvorgangs wird auf der Baustelle mit wassergefährdenden Schmier- und Treibstoffen umgegangen, deren direktes oder indirektes Eindringen in den Untergrund unter allen Umständen verhindert werden muss. In hochdurchlässigen Grundwasserleitern mit hohen Grundwasserfließgeschwindigkeiten besteht die Gefahr von Spülungs- und Zementationsverlusten, wobei Schadstoffe, Eintrübungen sowie chemische und/oder mikrobiologische Verunreinigungen lateral weit in das abströmende Grundwasser gelangen können. Beim Durchteufen unterschiedlicher voneinander getrennter Grundwasserstockwerke besteht die Gefahr des hydraulischen Kurzschlusses zwischen Grundwasserleitern, deren Grundwasser unterschiedliche Spannungszustände und/oder hydrochemische Zusammensetzungen aufweisen. Im Falle einer unzulänglichen Bohrlochabdichtung und der Verletzung einer ehemals schützenden Grundwasserüberdeckung besteht generell die erhöhte Gefahr des ungefilterten Eintrags wassergefährdender Stoffe von der Erdoberfläche in den Grundwasserleiter hinein bzw. der Verlagerung oberflächennaher Schadstoffe in tiefere Bereiche.

4.2.2 Maßnahmen bei unerwarteten Untergrundverhältnissen

Werden während der Bohrung Untergrundverhältnisse angetroffen, die von den angenommenen Verhältnissen deutlich abweichen (z. B. artesisch gespanntes Grundwasser, Gaszutritte, Hohlräume, quellfähige Schichten, Altlasten), sind sofort geeignete Erstmaßnahmen durch die ausführende Bohrfirma einzuleiten. Ob die Erdwärmesonde unter den vorliegenden Bedingungen eingebaut werden kann, ist mit der Bohrfirma abzuklären. Bei Antreffen von artesischen gespannten Grundwässern ist das Bohrloch in der Regel sofort abzudichten. Vereinzelt können in einigen Wiener Bezirken auch Gasvorkommen – auch sehr oberflächennah – angebohrt werden. Alle außergewöhnlichen Beobachtungen im Zuge der Bohrung, z. B. hinsichtlich der Beschaffenheit und Farbe des Baugrunds, des Geruches oder der Färbung des Wassers, starkes Ansteigen oder Absinken des Wasserspiegels, Gasvorkommen, Hohlräume im Baugrund, sind zu dokumentieren. Allfällige notwendige Sicherungsmaßnahmen hat das Bohrunternehmen unverzüglich durchzuführen.

4.2.3 Qualifikation der Bohrunternehmen

Die Bohrarbeiten sind nach den Regeln und dem Stand der Technik auszuführen. Die ausführenden Bohrunternehmen haben die Qualifikationskriterien für Bohr- und Brunnenbau gemäß der VÖBU (Vereinigung Österreichischer Bohr-, Brunnenbau- und Spezialtiefbauunternehmungen) zu erfüllen. Um dem Sorgfaltsgrundsatz Rechnung zu tragen, sind ausschließlich fachkompetente Bohrfirmen zu beauftragen, deren Eignung im Einzelfall zu prüfen ist.

4.3 Materialien und Systemkomponenten

4.3.1 Rohrmaterial für Flach- und Vertikalkollektoren

Für Flach- und Vertikalkollektoren wird als Rohrmaterial heute generell Polyethylen (PE) verwendet. Die Rohre sind dabei auf einen Nenndruck von 16 bar geprüft. Vorzugsweise sind erdverlegte Wärmetauscherrohre mit der Materialbezeichnung PE 100-RC zu verwenden, der Zusatz RC bezeichnet dabei eine außerordentlich hohe Resistenz gegenüber langsamem Risswachstum und hohen Punktlasten auf. In der Praxis hat sich die Dimension DN 32 durchgesetzt; damit die Rohre mit Elektro- oder Polyfusionsschweißmuffen geschweißt werden können, müssen sie der Klasse SDR11 entsprechen. Die SDR-Zahl gibt dabei das Verhältnis von Rohraußendurchmesser zu Wandstärke an.

Die Erdwärmesondenrohre werden einschließlich des Sondenfußes werkseitig vorgefertigt und in einem Stück in der vorgesehenen Länge angeliefert. Bauseits dürfen Rohrverbindungen nur im Bereich der Anschlussleitung der Erdwärmesonden (außerhalb der Bohrung) hergestellt werden. Soweit wassergefährdende Stoffe als Wärmeträgerflüssigkeit verwendet werden, dürfen lösbare Verbindungen nur in zugänglichen dichten Kontrollschächten eingesetzt werden. Außerhalb derartiger Kontrollschächte sind nur unlösbare, geschweißte Verbindungen zu verwenden. Für die Schweißverfahren sind die Vorgaben des ÖWAV-Regelblattes 207 einzuhalten.

und die zugehörige Mischtechnik nachweislich auf der Baustelle eingehalten werden. Aus den oben genannten Gründen wird jedoch angeraten, Fertigmischungen (z.B. Sackware) anstelle von Baustellenmischungen zu verwenden. Weiters bieten Fertigmischungen den Vorteil einer deutlich besseren Wärmeleitfähigkeit. Inzwischen sind Verpressmaterialien (Fertigmischungen) mit Wärmeleitfähigkeiten bis zu $\lambda = 2,5 \text{ W/(m K)}$ verfügbar. Die etwas höheren Investitionskosten, die bezogen auf die Gesamtkosten des Bauwerks gering sind, werden durch einen besseren Wirkungsgrad und somit Einsparungen von Betriebskosten mehr als kompensiert.

32 **Abb. 9**
Herstellung der Anbindeleitung, dauerhaft unlösbare Verbindung mittels Elektroschweißmuffe



Foto: Christian Hölzinger

4.3.2 Sondeneinbau und Verpressung bei Erdwärmesonden

Zur Gewährleistung einer wirksamen Abdichtung und Verpressung der Erdwärmesondenbohrungen sind ausreichende Bohrl Lochdurchmesser zu wählen, sodass zwischen der Bohrl ochwand und dem Sondenbündel ein entsprechend großer Ringhohlraum verbleibt. Die Verpressung der Bohrung erfolgt von unten nach oben mittels eines zentralen Verpressschlauches oder über ein Verpressgestänge.

Als Verpressmaterial werden meist handelsübliche werkseitig hergestellte Fertigprodukte, die auf der Baustelle nur noch mit einer definierten Menge Wasser angemischt werden, verwendet. Unter Berücksichtigung der Rezepturvorgaben (genaue Wasserdosierung) und der vorgeschriebenen Mischtechnik (geeignete Verpresspumpe) können die Qualitätsanforderungen an die Verpresssuspension eingehalten werden. Zum Nachweis der Dichtwirkung bzw. der Druckfestigkeit des Materials ist in der Regel das Datenblatt des Herstellers ausreichend. Zu hohe Wasser- / Feststoffwerte (W/F-Werte) reduzieren das Wärmeübertragungsvermögen sowie die Abdichtwirkung und erhöhen die Gefahr von Setzungen der ausgehärteten Suspension, was unter Umständen eine ineffizient arbeitende Erdwärmesondenanlage zur Folge haben kann.

Baustellenmischungen, bei denen die Suspension direkt auf der Baustelle aus mehreren Einzelkomponenten mit Wasser hergestellt wird, bergen die Gefahr von Fehldosierungen und Inhomogenitäten im Verpresskörper, wodurch die gewünschten Eigenschaften nicht optimal erreicht werden können. Hier ist besonders darauf zu achten, dass die verwendete Rezeptur

Foto: Richard Niederbrucker



33 **Abb. 10**
Verpressung einer Erdwärmesonde mit austretendem Verpressmittel

4.3.3 Sammlungs- und Verteilungssysteme für Flach- und Vertikalkollektoren

Grundsätzlich werden alle Anschlussleitungen unterhalb der Frosttiefe im Sandbett verlegt. Beim Verlegen ist darauf zu achten, dass keine unerwünschten Hochpunkte entstehen, die nur schwer zu entlüften sind und dadurch zu Leistungsminderungen führen können. Die Anschlussleitungen von Erdwärmesonden zum Verteiler sollen nicht zu nahe aneinander liegen, um gegenseitige mechanische und thermische Beeinflussungen zu reduzieren und frostbedingte Hebungen und Setzungen im Trassenbereich zu vermeiden. Die Erdwärmesondenrohre sollen in parallel geschalteten Kreisen zum Verteiler geführt werden. Am Verteiler soll für jeden einzelnen Sondenkreis eine separate Absperrvorrichtung vorgesehen werden, um einen Totalausfall der Anlage im Fall einer Leckage in einem einzelnen Sondenkreis zu vermeiden. Zu Ver- und Entsorgungsleitungen (z. B. Trinkwasserleitungen, Abwasserkanälen, Fernwärmeleitungen) sollte ein Mindestabstand von 0,7 m eingehalten werden. Beim Verlegen der Leitungen und bei den Anschlüssen sind die Mindestbiegeradien des Leitungsherstellers zu beachten, die unter anderem vom Rohraußendurchmesser abhängen. Alle erdverlegten Rohrverbindungen sind dabei als unlösbare, korrosionsbeständige und dauerhaft dichte Verbindungen auszuführen.

Abb. 11
Verlegung der
Anbindeleitung



Foto: Christian Holzinger

5. ANLAGENBETRIEB

5.1 Inbetriebnahme

Da eine Erdwärme-Heizungsanlage meist von mehreren Firmen hergestellt wird, ist auf die Abnahme und Inbetriebnahme der gesamten Anlage besonderes Augenmerk zu legen. Bereits in der Ausschreibung bzw. Beauftragung der einzelnen Gewerke sollten die Schnittstellen genau definiert werden. Zum Beispiel sollte genau definiert sein, wer für die Befüllung der Solekreisläufe bis zur Wärmepumpe zuständig ist.

Im Zuge der Inbetriebnahme der Anlage hat die Bohrfirma die entsprechende Dokumentation der Herstellungsarbeiten (Bohrdokumentation, Abnahmeprotokolle der einzelnen Sonden) vorzulegen; besonderes Augenmerk liegt dabei auf der positiven Druck- und Durchflussprüfung jeder Sonde. Sind in der Anlage mehrere Solekreisläufe mit Abgleichventilen vorhanden, so sind diese ebenfalls einzeln einzuregeln und ein ausgeglichener Solefluss herzustellen.

5.2 Energiemonitoring

Ein sinnvolles Energiemonitoring sollte bereits im Rahmen der Inbetriebnahme und der ersten Betriebsmonate erfolgen, um etwaige Fehlerquellen zu identifizieren. Durch Analyse der gewonnenen Daten können Fehler im Anlagenbetrieb meist mit geringem Aufwand behoben werden. Nur so ist ein langfristig effizienter Betrieb der Anlagen gewährleistet.

Im Zuge des Energiemonitorings werden die wesentlichen Betriebsparameter der gesamten Erdwärme-Heizungsanlage erfasst. Zu diesen Parametern zählen unter anderem:

- Temperaturen der Wärmequellen, der Heizungsanlage sowie des Warmwassers
- örtliche Klimadaten
- aus der Wärmequelle entzogene Energiemenge
- an das Heizungsnetz abgegebene Energiemenge
- verbrauchte elektrische Energie der Wärmepumpe samt Hilfsantrieben

Auf Basis dieser Daten kann weiters das Betriebsverhalten sowie die Effizienz der gesamten Anlage ermittelt werden. Als ein wesentlicher Effizienzparameter wird dabei die sogenannte Jahresarbeitszahl, kurz JAZ, ermittelt. Im Gegensatz zum COP (Coefficient of Performance), der sich nur auf die Leistungsdaten der Wärmepumpe bezieht, stellt sie das Verhältnis von der gesamten an das Heizungsnetz abgegebenen Energiemenge zur aufgewendeten Energie (elektrische Energie der Wärmepumpe und der Hilfsantriebe) dar. Für die Beurteilung der Wärmequelle sind besonders die entzogene bzw. eingespeiste Leistung sowie der Verlauf der Quelltemperatur von Interesse. Besonders bei Anlagen, die als saisonaler Speicher genutzt werden, ist die Ermittlung der Energiebilanz wesentlich, da eine ausgeglichene Bilanz die Grundlage für einen nachhaltigen und effizienten Betrieb darstellt (**SIEHE DAZU AUCH KAPITEL 3.4**).

5.3 Service-, Wartungs- und Energiekosten

Grundsätzlich sind die Kosten für Service, Wartung und Energie bei effizienten Erdwärmeheizungsanlagen sehr gering. Die vorgeschriebenen Serviceintervalle für die einzelnen Anlagenteile sind jedoch einzuhalten. Zumindest alle zwei bis drei Jahre sollten die Wärmepumpe sowie Solestände bei Erdwärmesonden durch einen Installateur geprüft werden.

5.4 Mögliche Störquellen im Anlagenbetrieb

Generell handelt es sich bei den geschlossenen Wärmetauschern (Erdwärmesonden, Erdwärmekörbe und Flachkollektoren) um sehr robuste wartungsarme und störungsfreie Systeme. Da die verwendeten PE-Rohre zwar wasserdicht, aber nicht gasdicht sind, kann es bei ungünstigen geologischen Bodenverhältnissen unter Umständen zu Gaseintritten in die Wärmetauscherrohre kommen. Dieses Phänomen wird bei Erdwärmesonden, welche gasführende Bodenschichten durchhörern, in seltenen Fällen beobachtet. Die dabei in das Solesystem eintretenden Gasblasen wirken sich negativ auf die Lebensdauer der Umwälzpumpe sowie der Wärmepumpe aus. Als einfache Abhilfe kann das geschlossene Solesystem in ein offenes System mit einem Soleausgleichsbehälter umgebaut werden. Die notwendige Entlüftung des Behälters hat dabei ins Freie zu erfolgen, um evtl. gefährliche Gase nicht in den Innenraum zu leiten.

Bei Grundwasserwärmepumpen kann es aufgrund der chemischen Zusammensetzung der Wasser zu Ausfällungen sowohl in den Rohrleitungen, der Wärmepumpe als auch im Schluckbrunnen kommen. Hier ist darauf zu achten, dass es bereits bei der Entnahme im Entnahmebrunnen zu keinem Lufteintritt kommt. Dieser Sauerstoffeintrag führt oft zu Oxidationsprozessen in den meist reduzierten Wässern und damit zu Ausfällungen. Um den sensiblen Plattenwärmetauscher vor diesen Ausfällungen zu schützen, kann ein sogenannter Zwischenkreiswärmetauscher angeordnet werden. Dieser Röhrenwärmetauscher ist wesentlich unempfindlicher für Ablagerungen.

Die gleichen Prozesse entstehen bei der freien Versickerung der thermisch genutzten Wasser im Schluckbrunnen. Dabei kann es zu einer Verockerung oder Versinterung des Brunnens kommen, der die Sickerleistung deutlich reduziert. In diesem Fall ist eine Rückgabe des Wassers direkt in den Grundwasserkörper ohne Sickerstrecke notwendig.

Infobox
Die wichtigsten
Tipps für Planung
und Errichtung

Grundwasserwärmepumpenanlagen
Rechtzeitiger Planungsbeginn, da für die wasserrechtliche Bewilligung ein entsprechendes Behördenverfahren notwendig ist.
Wenn möglich, vorab Menge und Qualität des Grundwassers überprüfen.
Zur Dimensionierung des Rückgabebrunnens Versickerungsfähigkeit des Bodens prüfen.
Lage der Entnahme- und Rückgabebrunnen festlegen, Grundwasserfließrichtung dabei beachten.
Die Versickerung von Fremdwässern (z.B. Niederschlagswasser) im Schluckbrunnen ist unzulässig!
Bau der Brunnenanlage durch qualifiziertes Bohrunternehmen.
Erdwärmesondenanlagen
Vorab erfragen, ob eine wasserrechtliche Genehmigung der Anlage am geplanten Standort notwendig ist.
Wärmepumpe nicht über-, Erdwärmesonden nicht unterdimensionieren!
Wenn möglich, Erdwärmesonden durch Überschusswärme im Sommer regenerieren.
Qualifiziertes Bohrunternehmen beauftragen sowie zertifizierte Materialien verwenden.
Entsprechende Abstände zwischen den Sonden sowie zu Grundstücksgrenzen und Einbauten einhalten.
Prüfprotokolle über Druck- und Durchflussprüfung sowie Bestätigung über den fachgerechten Einbau von der Bohrfirma einfordern.

6 ERDWÄRME UND RECHT

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die jeweils zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Leitfadens (2016) geltenden Normen und Gesetze in der gültigen Fassung (**SIEHE KAPITEL 10.4**).

6.1 Rechtliche Rahmenbedingungen der unterschiedlichen Erdwärmenutzungen

Die Nutzung der geothermischen Energie kann mit quantitativen und qualitativen Einwirkungen auf den Untergrund und/oder den Grundwasserhaushalt verbunden sein. Eventuellen negativen Auswirkungen muss die zuständige Behörde daher mit planerischen Mitteln und Vorgaben entgegenwirken.

Grundsätzlich werden sämtliche Erdwärmenutzungen nur indirekt im Wasserrechtsgesetz abgehandelt. Ausdrückliche Verordnungen des BMLFUW, die den Stand der Technik für Anlagen zur geothermischen Nutzung des Untergrundes und des Grundwassers betreffen, liegen bis dato nicht vor. Für die thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrundes sind im Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) Bewilligungstatbestände nach § 10 und § 32 Abs.2 lit.b (Einwirkungstatbestand) und nach § 31c Abs.5 (Vorsorgetatbestand) vorgesehen.

Gemäß den in § 30 und 30c des Wasserrechtsgesetzes (WRG 1959) genannten Zielen ist insbesondere das Grundwasser sowie das Quellwasser so reinzuhalten, dass es als Trinkwasser verwendet werden kann, und so zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, dass eine Verschlechterung des jeweiligen Zustandes verhindert wird.

6.1.1 Anlagen mit einer thermischen Nutzung des Grundwassers

Diese sind Anlagen, bei denen Grundwasser entnommen und nach dessen thermischer Nutzung verändert (erwärmt oder abgekühlt) wieder in den Grundwasserleiter eingeleitet wird. Folgende Bewilligungstatbestände sind gegeben:

- § 10 WRG 1959 für die Entnahme von Grundwasser
- § 32 Abs.2 lit.b WRG 1959 für die Versickerung (Reinjektion)

Beide Fälle sind bewilligungspflichtig und werden in einem gemeinsamen wasserrechtlichen Bewilligungsverfahren abgehandelt. Bewilligungsvoraussetzung ist insbesondere, dass durch das geplante Vorhaben (Entnahme und Rückgabe) weder eine Beeinträchtigung öffentlicher Interessen (§ 105 WRG 1959), noch eine Verletzung fremder Rechte (§ 12 WRG 1959) erfolgt. Im Wasserrechtsverfahren ist zu prüfen, ob die Umweltziele für Oberflächengewässer und Grundwasser (§§ 30a und 30c WRG 1959) erreicht werden.

Alle gegebenenfalls erforderlichen Entnahmetests und Pumpversuche bedürfen einer Bewilligung gemäß § 56 WRG 1959, wenn eine Beeinträchtigung öffentlicher Interessen oder eine Verletzung bestehender Rechte (§ 12 WRG 1959) nicht auszuschließen ist.

6.1.2 Anlagen zur thermischen Nutzung des Untergrundes ohne Wasserentnahme – Erdwärmesonden, Energiepfähle

Bei diesen Wärmegewinnungsanlagen findet weder Wasserentnahme aus dem Untergrund noch ein direkter Kontakt mit dem Grundwasser statt. Man spricht daher auch von geschlos-

senen Systemen. Da jedoch eine (qualitative) Gefährdung des Grundwassers nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann – zum Beispiel durch Bohrarbeiten im Zuge der Errichtung oder durch Leckagen im Betrieb –, unterlagen derartige Anlagen bis 2011 unter bestimmten Voraussetzungen einer wasserrechtlichen Bewilligungspflicht (§ 31c Abs.5 WRG 1959). Mit der Wasserrechtsgesetzesnovelle 2011 wurden die bis dahin geltenden Bestimmungen maßgeblich geändert. § 31c Abs. 5 WRG 1959 regelt nunmehr, dass:

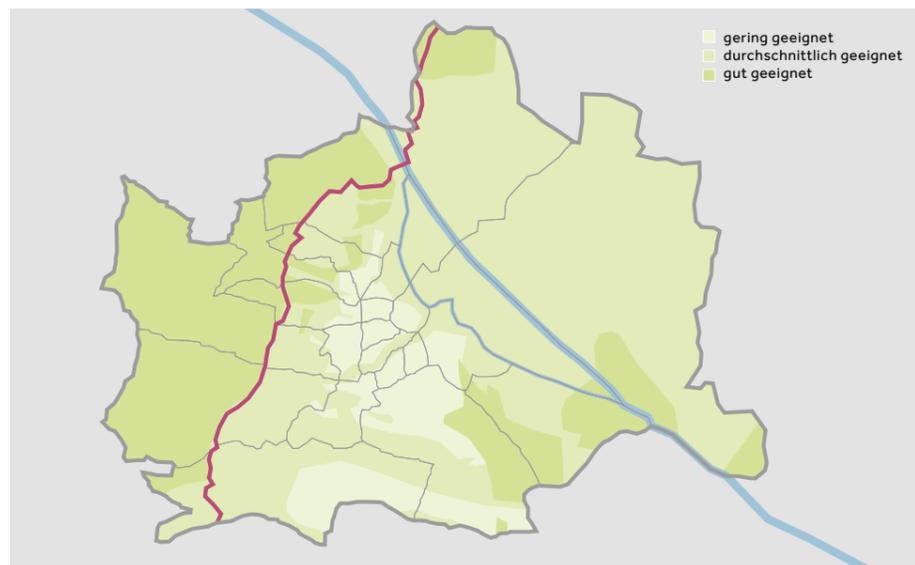
- Anlagen zur Gewinnung von Erdwärme in wasserrechtlich besonders geschützten Gebieten (§ 34, § 35 und § 54 WRG 1959) und in geschlossenen Siedlungsgebieten ohne zentrale Trinkwasserversorgung,
- Anlagen zur Gewinnung von Erdwärme in Form von Vertikalkollektoren (Tiefsonden), sofern sie eine Tiefe von 300 m überschreiten oder in Gebieten mit gespannten oder artesisch gespannten Grundwasservorkommen,
- Anlagen zur Wärmenutzung von Gewässern,

einer wasserrechtlichen Bewilligungspflicht unterliegen und generell im Anzeigeverfahren abgewickelt werden.

Alle anderen Anlagen, auf die diese Punkte nicht zutreffen, sind bewilligungsfrei.

In den westlichen Randbezirken des Wiener Gemeindegebietes sind Erdwärmesonden bewilligungsfrei, wobei das Gebiet durch eine Genehmigungslinie abgegrenzt ist. Der Verlauf dieser Linie kann online auf der Homepage der Wiener Stadtregierung unter dem Menüpunkt „Umweltgut“ abgerufen werden (<https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/>). Dafür aktiviert man im Karteninhalt links den Menüpunkt „Energie“ und die Unterpunkte „Energiepotenziale“ und „Erdwärmepotenzialkataster“ und „Erdwärmesonden“ (**SIEHE ABBILDUNG 12**).

Abb. 12
Genehmigungslinie im Wiener Stadtgebiet. Westlich von dieser sind Erdwärmesondenanlagen bewilligungsfrei.



6.1.3 Anlagen zur thermischen Nutzung des Untergrundes ohne Wasserentnahme – Flachkollektoren

Bei diesen Anlagen handelt es sich ebenfalls um geschlossene Systeme. Hier gilt wie bei Erdwärmesonden und Energiepfählen, dass eine wasserrechtliche Bewilligungspflicht gemäß § 31c Abs. 5 Wasserrechtsgesetz gegeben ist

- in wasserrechtlich besonders geschützten Gebieten (z.B. Schongebiet der Thermal-Schwefelquelle Wien-Oberlaa) und
- in geschlossenen Siedlungsgebieten ohne zentrale Trinkwasserversorgung.

Es ist dabei das Anzeigeverfahren gemäß § 114 Wasserrechtsgesetz anzuwenden. Alle anderen Anlagen, auf die diese Umstände nicht zutreffen, sind bewilligungsfrei.

6.1.4 Weitere rechtliche Rahmenbedingungen

Bei der Bewilligung von Anlagen zur thermischen Nutzung von Erdreich und Grundwasser sind neben dem Wasserrechtsgesetz unter Umständen noch weitere Gesetze zu beachten:

- Das Mineralrohstoffgesetz (MinroG), BGBl. I 1999/38 i.d.g.F. für die Errichtung von Erdwärmesonden mit einer Tiefe von mehr als 300 m, wobei bei diesen Projekten die Montanbehörde zuständig ist.
- Wenn die Anlage zur thermischen Nutzung des Untergrundes und des Grundwassers Teil einer nach Gewerbeordnung bewilligungspflichtigen Betriebsanlage ist, sind die Bestimmungen des Wasserrechts von der Gewerbebehörde anzuwenden.
- Die jeweiligen landesrechtlichen Bestimmungen des Bau- und Naturschutzrechts sind ebenfalls zu berücksichtigen.

6.2 Dauer der wasserrechtlichen Bewilligung

Eine wasserrechtliche Bewilligung ist gemäß § 21 Abs.1 WRG 1959 auf die jeweils längste vertretbare Zeit zu befristen. Anlagen gemäß § 31c (Anzeigeverfahren) sind daher formal mit 15 Jahren, Tiefsonden mit 25 Jahren ab Einbringung der Anzeige zu befristen. Die Verlängerung der Befristung ist jedoch ein reiner Formalakt. Entsprechend § 112 Abs.6 WRG 1959 sind der Baubeginn und die Bauvollendung der Wasserrechtsbehörde anzuzeigen.

6.3 Wasserrechtliche Ablehnungsgründe einer geplanten Anlage

Die wasserwirtschaftliche Bedeutung steht laut Gesetz über der geothermischen Nutzung des Untergrundes. Dies wird wasserrechtlich auch entsprechend berücksichtigt. Ablehnungsgründe für die Bewilligung von Anlagen zur Nutzung der Erdwärme liegen dann vor, wenn eine Anlage nicht mit den wasserwirtschaftlichen Zielsetzungen zu vereinbaren ist. Folgende Bedingungen und Anlagenstandorte können zu einer Projekt ablehnung führen:

- Anlagen innerhalb der Schutzzonen I und II von gemäß § 34 Abs. 1 WRG 1959 bestimmten Wasserschutzgebieten
- Anlagen innerhalb der Schutzzone III von gemäß § 34 Abs. 1 WRG 1959 bestimmten Wasserschutzgebieten und wenn ein besonderer Bedarf, die Grundwasserüberdeckung (z.B. bei gespannten und artesischen Grundwässern) zu schützen, gegeben ist
- Anlagen in gemäß § 35 WRG 1959 bestimmten Schutz- und Schongebieten im Sinne des Schutzes der zukünftigen Wasserversorgung
- Anlagen in gemäß § 37 WRG 1959 zum Schutz von Heilquellen und Heilmooren bestimmten Gebieten
- Anlagen auf Flächen, auf welchen eine Altlast ausgewiesen wurde
- Anlagen auf Flächen, auf welchen eine Deponie betrieben wird oder errichtet werden soll
- Anlagen im unmittelbaren Einzugsbereich von nach § 10 Abs. 1 WRG 1959 bewilligungsfreien Grundwasserentnahmen, wenn eine Beeinträchtigung des Wasserspenders zu erwarten ist
- Anlagen, deren hydraulische und thermische Auswirkungen (Grundwasser-Aufhebungsbereich/Grundwasser-Absenkungsbereich, Wärme- bzw. Kältefahne) bis in die Schutzzone II von gemäß § 34 Abs. 1 WRG 1959 bestimmten Wasserschutzgebieten reichen
- Anlagen, die im Rahmen der Bohrarbeiten gespannte Grundwasservorkommen mit wesentlichen Druckunterschieden durchörtern könnten

7 GENEHMIGUNGSVERFAHREN SCHRITT FÜR SCHRITT MIT ZUSTÄNDIGKEITEN

Schritt
1

Abklären einer allfälligen Bewilligungspflicht der Wärmequellenanlage

Grundwasserwärmepumpe

Für **Grundwasserwärmepumpen** ist in jedem Fall eine wasserrechtliche Genehmigung der Anlage erforderlich. Die zur Erlangung der Bewilligung notwendigen Schritte und Unterlagen sind in dem Merkblatt Grundwasserwärmepumpe zusammengestellt, in **KAPITEL 10.3** ist der entsprechende Link zu dem Merkblatt angeführt.

Erdwärmesonde

In den westlichen Randbezirken von Wien sind **Erdwärmesonden** bewilligungsfrei, wobei das Gebiet durch eine Genehmigungslinie abgegrenzt ist (**SIEHE KAPITEL 6.1.2**). Es ist daher mit der Magistratsabteilung 58 abzuklären, ob ein Bewilligungsverfahren für den geplanten Sondenstandort notwendig ist. Falls ein Bewilligungsverfahren notwendig ist, sind die zur Erlangung der Bewilligung notwendigen Schritte und Unterlagen in dem Merkblatt Erdwärmesonden zusammengestellt, in **KAPITEL 10.3** ist der entsprechende Link zu dem Merkblatt angeführt.

Flachkollektor Erdwärmekörbe

Im Wiener Gemeindegebiet ist die Errichtung eines **Flachkollektors** bewilligungsfrei, außer in wasserrechtlich geschützten Gebieten (**SIEHE KAPITEL 6.1.3**). Es sind dabei jedoch die unter **KAPITEL 3** zusammengestellten Planungs- und Ausführungsgrundsätze einzuhalten. Aufgrund des hohen Bedarfs an unversiegelter Fläche wird ein Flachkollektor zur Abdeckung des gesamten Energiebedarfs nur in wenigen Fällen ausreichen. Eine entsprechend langfristige Flächenverfügbarkeit ist daher im Vorfeld der Detailplanung zu prüfen.

Erdwärmekörbe werden rechtlich als Flachkollektoren angesehen, eine Ausnahme stellen dabei lange Körbe dar, die in den Grundwasserkörper einbinden. Hier ist im Einzelfall bei der Magistratsabteilung 58 nachzufragen, ob eine Bewilligungsfreiheit gegeben ist.

Schritt
2

Erstellung der notwendigen Unterlagen und Einreichung

Die notwendigen technischen Unterlagen sind vorzugsweise von dazu befugten Ingenieurbüros, Ziviltechnikern und Ingenieurkonsulenten zu erstellen. Alle Vorgaben des entsprechenden Merkblatts (**SIEHE LINK AUF SEITE 56**) müssen darin abgedeckt sein. Einzureichen sind alle Unterlagen in dreifacher Ausfertigung bei:

Magistratsabteilung 58 – Wasserrecht,
A-1200 Wien, Dresdner Straße 73–75, 1. Stock

Bei Anlagen, die nach Gewerbeordnung bewilligungspflichtig sind, sind die Unterlagen beim jeweils zuständigen Betriebsanlagenzentrum bzw. bei den Magistratischen Bezirksämtern (**SIEHE ANSPRECHPARTNER, KAPITEL 10.1**) einzureichen.

Schritt
3

Ausstellung des Bescheides inkl. Auflagen

Nach Zustellung des positiven Bescheides bei Bewilligungsverfahren bzw. Bestätigungsschreiben beim Anzeigeverfahren kann unter Einhaltung aller Auflagen die Wärmequellenanlage hergestellt werden. Gemäß ÖWAV Richtlinie 207 sind entsprechende Funktionsprüfungen als qualitätssichernde Maßnahmen von der ausführenden Firma durchzuführen (z.B. Druck- und Durchflussprüfung bei Erdwärmesonden). Nach Fertigstellung ist eine Fertigstellungsmeldung an die MA 58 bzw. das zuständige Betriebsanlagenzentrum zu schicken.

Wie bereits erwähnt, ist das erteilte Wasserrecht zeitlich begrenzt. Nach Ablauf der Bewilligungsfrist muss um eine Verlängerung der Genehmigung angesucht werden.

8 ERDWÄRMENNUTZUNG IN WIEN

8.1 Die Geologie von Wien und die Bedeutung für die Erdwärme

Bei der Planung von Erdwärmeanlagen ist die Kenntnis des Untergundaufbaus von großer Bedeutung. Der geologische Aufbau des Untergrunds (Locker-/Festgestein) und das Vorhandensein von Grundwasser bestimmen einerseits die Eignung des Standorts für geothermische Nutzung sowie die Wahl der Wärmequellenanlagen und andererseits sind Kenntnisse über die thermischen Eigenschaften des Untergrundes bei der Bemessung der Erdwärmeanlagen notwendig.

Der Untergrund von Wien wird geologisch in drei Hauptgebiete unterteilt⁹:

a.) Quartäre Lockersedimente

Diese bestehen aus rezenten Ablagerungen der Donau und ihrer Zubringer sowie aus eiszeitlichen Terrassenschottern. Die Kieskörner dieser Schotter bestehen vorwiegend aus Quarz, Kristallin, Karbonat und Sandstein und sind 7 bis 15 Meter mächtig. Die Schotterkörper weisen eine hohe hydraulische Leitfähigkeit auf und stellen dadurch den wichtigsten Grundwasserhorizont des Stadtgebiets dar.

b.) Neogene Lockersedimente des Wiener Beckens

Das Wiener Becken ist ein tektonisches Zerrungsbecken („Pull-apart-Becken“), das vor ca. 17 Millionen Jahren entstanden ist. Dieses Becken wurde im Laufe der Erdgeschichte mit mehreren hundert bis tausend Metern marinen, brackischen, limnischen und fluviatilen Sedimenten gefüllt. Diese Sedimente bestehen hauptsächlich aus Sanden, Schluffen und Tonen. Grundwasservorkommen sind hauptsächlich an lokal vorkommende Sandlinsen gebunden. Die einzelnen Sandlinsen werden zumeist durch dichte Tonmergel isoliert.

c.) Festgesteine der Flyschzone und der Kalkalpen

Zu diesem Gebiet gehören der Wienerwald im südwestlichen und westlichen Stadtgebiet sowie der Bisamberg im Norden. Die Gesteine in der Flyschzone bestehen größtenteils aus Sandsteinen, Tonmergeln, Kalken und Dolomiten. Grundwasser kommt in diesen Gesteinen hauptsächlich als gering ergiebiges Kluft- und Schichtgrundwasser vor. Die Gesteine der Flyschzone und der Kalkalpen sind also wasserwirtschaftlich in Wien nur von geringer Bedeutung.

⁹ <https://www.wien.gv.at/verkehr/grundbau/geologie.html>

8.2 Installierte geothermische Anlagen in Wien

In Wien sind zum momentanen Zeitpunkt (2016) mehr als 1800 Erdwärmennutzungen verzeichnet. Davon sind 46 % geschlossene Wärmequellenanlagen (Erdwärmesonden und Horizontalkollektoren) und 44 % thermische Grundwassernutzungen zum Heizen und/oder Kühlen. Der Anteil der thermisch genutzten Bauteile (z.B. Bodenplatten oder Energiepfähle) beträgt weniger als 1 %. Die verschiedenen Anwendungssysteme hängen hauptsächlich mit dem geologischen Untergrund und den infrastrukturellen Rahmenbedingungen zusammen: Die thermische Grundwassernutzung hat ihren Schwerpunkt in den ausgedehnten Grundwasserkörpern im Osten des Stadtgebiets (20. bis 22. Bezirk), während geschlossene Systeme (Sonden und Kollektoren) ihren Schwerpunkt im Westen der Stadt haben, wo die Grundwasserkörper oft zu tief für eine wirtschaftliche Nutzung liegen¹⁰.

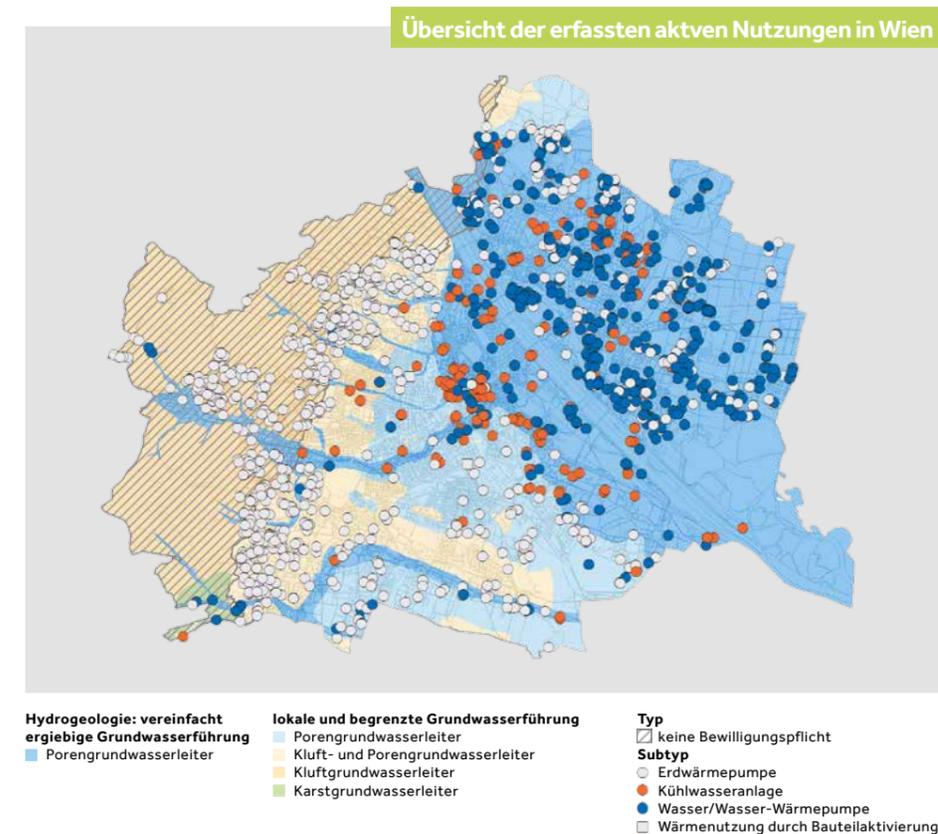


Abb. 13
Erfasste geothermische Anlagen in Wien
Quelle: Götzl et al., 2014¹³⁾

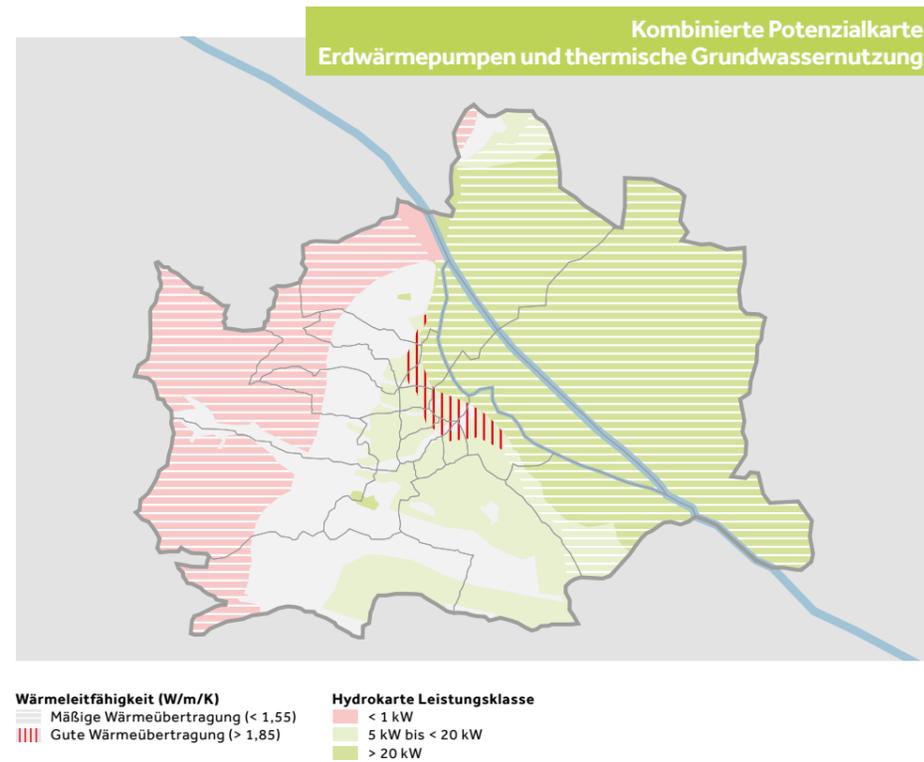
8.3 Potenzial für die Nutzung der Erdwärme in Wien

Im Wiener Stadtgebiet gibt es noch erhebliches Potenzial für einen Ausbau der Erdwärmennutzung. In der Studie „Erdwärmepotenzialerhebung im Stadtgebiet Wien“ der Geologischen Bundesanstalt wird in einer kombinierten Potenzialkarte für Erdwärmesonden bis 100 m und Grundwasserwärmepumpen gezeigt, dass sich analog zur derzeitigen Verteilung die Bezirke 20 bis 22 sehr gut sowohl für thermische Grundwassernutzung als auch für Erdwärmesonden eignen. Der Westen Wiens ist hauptsächlich für Erdwärmesonden, das Gebiet um den Donaukanal wiederum gut für thermische Grundwassernutzung geeignet.

¹⁰ Götzl, G., Fuchsluger, M., Rodler, F.A., Lipiarski, P. & Pfeleiderer, S. (2014): Projekt WC-31 – Erdwärmepotenzialerhebung Stadtgebiet Wien, Modul 1 – Endbericht im Auftrag der Abteilung MA20 des Magistrats der Stadt Wien, Geologische Bundesanstalt

Wenn geothermische Anwendungen für klein- oder großvolumige Gebäude geplant sind, lohnt sich für eine erste Übersicht über mögliche Anwendungsformen ein Blick in den Erdwärmepotenzialkataster der Stadt Wien, der online unter <https://www.wien.gv.at/umweltgut/public/> verfügbar ist. In der linken Menüleiste kann dabei unter dem Punkt „Energie“ und dem Unterpunkt „Energiepotenziale“ der Erdwärmepotenzialkataster für thermische Grundwassernutzung sowie für Erdwärmesonden unterschiedlicher Tiefenstufen aufgerufen werden.

Abb. 14
Gesamtpotenzial im Wiener Landesgebiet aus der Kombination der Potenzialkarten für 100 Meter lange Erdwärmesonden und für die thermische Nutzung des obersten Grundwasserkörpers
Quelle: Götzl et al., 2014¹³



Alle weiteren Planungsschritte und Entscheidungshilfen werden **IN DEN KAPITELN 3.1 UND 3.2** dieses Leitfadens erläutert.

8.4 Beispiele zu Erdwärmeheizungsanlagen im großvolumigen Bau in Wien

An Hand der vier nachstehenden Beispiele sollen zukunftsweisende Bauprojekte mit innovativen Energiekonzepten mit Einbindung von Erdwärme präsentiert werden. Da in Wien zurzeit sehr viele unterschiedliche Projekte mit Erdwärmenutzung realisiert werden, stellen die hier angeführten Beispiele nur einen Ausschnitt der dabei möglichen Nutzungsformen alternativer Energiequellen dar. Bei der Auswahl wurde lediglich darauf geachtet, unterschiedlich genutzte Objekte zu präsentieren. Die Informationen und Daten zu den einzelnen Projekten wurden dabei von den Bauträgern bzw. Immobilienentwicklern bereitgestellt.

Residenzen Hohe Warte



Sämtliche Wohnungen im Bauprojekt HOHE WARTE werden über hocheffiziente Anlagentechnik mit Wärme und Kälte versorgt. Dies wird über zentral gelegene Wärmepumpenanlagen umgesetzt. Wärmegewinnung sowie Wärmeabfuhr wird über 46 Tiefenkollektoren realisiert.

Die Wärmeeinbringung erfolgt primär über Fußbodenheizung. Weiters werden kleinere Wandheizungselemente eingesetzt. Die Niedertemperaturheizung wird auf 40/32 °C ausgelegt. Die Warmwasserbereitung erfolgt zentral über die jeweiligen Wärmepumpenanlagen.

Die Klimatisierung erfolgt über sog. Kühldecken. So werden in allen Wohnungen die wesentlichen Aufenthaltsräume gekühlt. Die Klimatisierung wird auf eine Temperaturspreizung von 6 °K dimensioniert, die Auslegungstemperatur bezieht sich auf 32 °C Außentemperatur und 26 °C Raumtemperatur. Zusätzlich wird für Außentemperaturen von über 32 °C die Möglichkeit geschaffen, den Fußboden zu kühlen. Die anfallende Abwärme aus der Klimatisierung wird zur Warmwassererzeugung genützt. Überschüsse werden zur Regeneration der Tiefenbohrungen rückgespeist.

Objektadresse und Objektbezeichnung

Residenzen Hohe Warte
Hohe Warte 34–36, 1190 Wien

Objektbeschreibung

- Bauherr: EPAM Immobilien GmbH
- Planung Haustechnik: TB Obkircher OG, Ingenieurbüro für technische Gebäudeausrüstung
- Gebäudetyp: Wohngebäude
- Baujahr: 2015–2017
- Gesamtnutzfläche aufgeteilt auf:
 - Wohnfläche: 4.600 m²
 - Bürofläche: -
 - Produktions- und Gewerbefläche: -

Beschreibung der Wärmequellenanlage

(Anzahl d. Erdwärmesonden,
Anzahl Brunnen bei Grundwassernutzung)
Erdwärmesondenfeld bestehend aus
46 Sonden à 120 m

Heizungs- und Kühlanlage

- Heizlast: 200 kW
- Kühllast: 160 kW
- Wärmepumpe:
 - 4 monovalente Wärmepumpen mit in Summe 286,3 kW Heizleistung
- Wärmeverteilsystem:
 - Niedertemperatur 40/32
- Kühlverteilsystem: 24/18

Beschreibung der Warmwasserbereitung

(nur bei Wohngebäuden)
Warmwasserbereitung über Wärmepumpenanlage und Plattenwärmetauscher

Weitere alternative Energienutzung

Nein

Smart City Demo Aspern



Das Energiekonzept für das als Beton/Holzriegelkonstruktion errichtete Wohngebäude setzt sich aus mehreren umschaltbaren Wärmepumpen mit verschiedenen Primärenergiequellen zusammen. Jede Wärmepumpe versorgt ausgehend von ihrer Bauart eine Nieder- oder Hochtemperaturschiene.

Grundsätzlich werden drei verschiedene Wärmepumpensysteme mit vier Wärmequellen (Grundwasser, Erdreich, Solarwärme und Luft) eingesetzt.

Die Entnahmelistung der vier Grundwasserwärmepumpen beträgt bei einer Spreizung von 4 °C und einer Entnahmemenge von 25 l/s in Summe etwa 400 kW. Rechnet man einen COP von 4, so ergibt sich eine Heizleistung der Wärmepumpe von 500 kW. Diese Leistung reicht aus, um das ganze Gebäude mit Heizwärme und Warmwasser zu versorgen. Es werden dabei jeweils zwei Wärmepumpen auf eine Vorlauftemperatur von 65 °C ausgelegt, um die notwendige Temperatur für die Frischwassermodule zu erreichen. Weitere zwei Wärmepumpen dienen zur Beheizung des Gebäudes. Diese Konfiguration bietet nicht zuletzt durch die vierfache Redundanz eine sichere Grundversorgung des Gebäudes, darüber hinaus können die gewonnenen Daten für Forschungszwecke ausgewertet werden. Die Versickerungsbrunnen befinden sich außerhalb des Gebäudes in Richtung des Grundwasserflusses. Durch eine Simulation der Kältefahne wurde sichergestellt, dass es zu keiner Beeinträchtigung weiterer Grundwasserwärmepumpen in den angrenzenden Baulosen kommt. Alle weiteren Primärenergiequellen dienen der Effizienzsteigerung der Wärmeversorgung und stellen einen Teil des Forschungsprojektes dar.

Die zwei Tiefgaragengeschoße mit 400 Stellplätzen besitzen eine Kubatur von ca. 30.000 m³. Um eine ausreichende Luftqualität der Tiefgarage zu gewährleisten, wird ein 1,5-facher Luftwechsel benötigt, der über die vorhandene Brandentrauchungsanlage bewerkstelligt wird. Die hier verwendete Luftwärmepumpe besitzt bei einer Abkühlung der Luft von 5 °C eine Leistung von 40 kW.

Rechnet man wieder einen COP von 4, so erhält man eine abgegebene Wärmeleistung von ca. 50 kW.

Durch den Rücksprung des 2. Tiefgaragengeschoßes um ca. 15 Meter wird dieser Erdstreifen mit Energiesäulen versehen, über die Energie dem Erdboden zugeführt oder entnommen wird. Die so aktivierte Kubatur des Erdspeichers beträgt ca. 3.000 m³. Geht man von einer möglichen Temperaturspreizung von 20 °C aus, kann in diesem Erdspeicher eine Energiemenge von ca. 40.000 kWh gespeichert werden. Die Intention dieser Energiespeicherung ergibt sich aus einem sehr guten Preis-Leistungs-Verhältnis. Die für die Beladung des Erdspeichers benötigte Energiemenge kommt ausschließlich von den installierten Sonnenkollektoren. Durch diese Form der Energiespeicherung kann eine Verdoppelung des Solarertrages erreicht werden. Entladen wird der Erdspeicher über eine Sole/Wasserwärmepumpe, die aufgrund des vorhandenen Temperaturniveaus eine deutlich höhere Leistungszahl als die Brunnenwärmepumpe erreicht.

Die solare Nutzung besteht aus drei Arten von Solarkollektoren:

- Thermische Solarkollektoren:**
 Größe der Kollektorfläche ca. 150 m², Ausrichtung Süd, Aufstellungswinkel 45 °. Hier werden handelsübliche thermische Solarkollektoren eingesetzt. Über ein sogenanntes Schichtlademodul kann die gewonnene Solarenergie in drei Temperaturebenen in die vorhandenen Speicher – Hochtemperaturspeicher, Niedertemperaturspeicher, Erdspeicher – geladen werden. Je nach Sonneneinstrahlung wird der Kollektor im optimalen Wirkungsgrad gefahren und erreicht dadurch einen sehr guten Gesamtertrag.
- Hybridkollektoren:**
 Größe der Kollektorfläche ca. 150 m², Ausrichtung Süd, Aufstellungswinkel 30 °. Hier handelt es sich um eine Kombination von PV-Modulen, die auf der Rückseite mit einem Wärmetauscher versehen sind. Über diesen Wärmetauscher kann die Temperatur der PV-Module auf einem Niveau gehalten werden, das einen größtmöglichen Wirkungsgrad der PV-Anlage gewährleistet. Die abgeführte thermische Energie wird wiederum den vorhandenen Speichersystemen zugeführt und für Heiz- und Warmwasserenergie verwendet. Als dritte Speicherebene (unter 30 °C) wird die Solarenergie einer Sole-Wasser-Wärmepumpe zugeführt, die diese Energie auf ein nutzbares Temperaturniveau bringt. Als hydraulische Weiche dient der Erdspeicher, der die Massenströme zwischen Sonnenkollektoren und Wärmepumpe abgleicht.
- Photovoltaik-Kollektoren (PV):**
 Größe der Kollektorfläche ca. 150 m², Ausrichtung Süd, Aufstellungswinkel 15 ° oder 30 °. Auf dem Gebäudeteil der Stiege C werden handelsübliche PV-Kollektoren installiert.

Die innovative und intelligente Mess-Steuer-Regelungstechnik erkennt automatisch, welcher Wärmebedarf gerade besteht und welche Wärmepumpe aus den gegebenen Rahmenbedingungen zur gegebenen Zeit die höchste Effizienz aufweist. Diese wird bevorzugt betrieben. Sollte die Leistung dieser Wärmepumpe nicht ausreichen, so wird die Wärmepumpe mit der zweithöchsten Effizienz dazugeschaltet. Dies führt, in Kombination mit einem intelligenten Speichermanagement, zu einem effizienten Betrieb der gesamten Anlage. Kombiniert mit einem Verbrauchsmonitoring entsteht ein dynamischer Prozess zwischen Erzeugung und Verbrauch.

Objektadresse und Objektbezeichnung

Smart City Demo Aspern
Seestadtstraße 27
1220 Wien

Objektbeschreibung

- Bauherr: Aspern Smart City Research Gmbh & Co KG (ASCR)
- Planung Haustechnik: TB Obkircher OG, Ingenieurbüro für technische Gebäudeausrüstung
- Gebäudetyp: Wohnanlage
- Baujahr: 2014
- Gesamtnutzfläche aufgeteilt auf:
 - Wohnfläche: 19.000 m²
 - Bürofläche: 100 m²
 - Produktions- und Gewerbefläche: 600 m²

Beschreibung der Wärmequellenanlage

(Anzahl der Erdwärmesonden,

Anzahl Brunnen bei Grundwassernutzung)

- 2 Entnahmehäupte mit einer Entnahmefähigkeit von je 12 l/s
- Erdwärmesondenfeld bestehend aus 81 Erdwärmekörpern à 3 m, sogenannten „Energiesäulen“.
- Luftregister (Verdampfer) in der CO-Lüftung

Heizungs- und Kühlanlage

- Heizlast: 350 kW
- Kühllast: -
- Wärmepumpe: 7 Wärmepumpen/zusammen 690 kW/Monovalent
- Wärmeverteilungssystem: Heizung 35/30, Warmwasser 65/60

Beschreibung der Warmwasserbereitung (nur bei Wohngebäuden)

Zentrale Warmwasserbereitung mit 5 Frischwassermodulen, die über eine eigene Hochtemperaturreingleitung in Verbindung mit 6 2000-Liter-Pufferspeichern angespeist werden. Einsatz einer Zirkulationsleitung.

Weitere alternative Energienutzung

Photovoltaikanlage
100 m², thermische Kollektoren 150 m²,
Hybridkollektoren 90 m²

Krankenhaus Göttlicher Heiland



Foto: Martin Friedl

Neben dem bestehenden Krankenhaus wird ein neuer Trakt mit gemischter Nutzung bestehend aus Bettengeschoßen und Funktionsgeschoßen (OP-Anlagen, Intensivstation, Therapie- und Behandlungsräume) mit direkter Anbindung an die bestehenden Gebäudestrukturen errichtet. Bei gleichbleibender Bettenanzahl (288) bringt die Vergrößerung des Krankenhauses vor allem eine Entlastung der angespannten Raumsituation und neue Möglichkeiten für eine moderne, zeitgemäße Ausstattung und Infrastruktur.

Die gesamten Planungsleistungen sind bereits abgeschlossen und der Baubeginn der Anlage war im August 2015. Die Abwicklung des gesamten Projektes erfolgt während des laufenden Betriebes des Krankenhauses.

Objektadresse und Objektbezeichnung

Krankenhaus Göttlicher Heiland
Dornbacher Straße 20–28
1170 Wien

Objektbeschreibung

- Bauherr: Vinzenz Gruppe Krankenhausbeteiligungs- und Management GmbH
- Planung Haustechnik: Zentraplan Planungsges.m.b.H.
- Gebäudetyp: Krankenhaus
- Baujahr: 2016–2018
- Gesamtnutzfläche aufgeteilt auf: Krankenhaus: BGF ca. 9.200 m²

Beschreibung der Wärmequellenanlage

(Anzahl d. Erdwärmesonden, Anzahl Brunnen bei Grundwassernutzung)

Erdwärmesondenfeld bestehend aus
36 Sonden à 200 m

Heizungs- und Kühlanlage

- Heizleistung WP: ca. 230 kW
- Kühlleistung WP: ca. 460 kW
- Wärmepumpe Monovalent: für gleichzeitiges Heizen und Kühlen geeignet
- Wärmeverteilungssystem: FBHZG 40/30 °C, Lüftungsanlagen 45/35 °C
- Kühlverteilungssystem: Kühldecken 16/19 °C Lüftungsanlagen und Umluftkühler: 6/12°

Beschreibung der Warmwasserbereitung (nur bei Wohngebäuden)

Warmwasserbereitung über Hochtemperaturschiene Fernwärme
100 kW – 70/50°C

Weitere alternative Energienutzung

keine

Neubau ÖAMTC Zentrale 1030 Wien



Foto: Pichler & Traupmann Architekten

Auf einer Bruttogesamtfläche von 27.000 m² entsteht im Zeitraum Sommer 2015 bis Herbst 2016 ein neuer, zentraler Komplex, der Büros, Konferenz- und Schulungsräume, ein Call-Center, einen technischen Stützpunkt sowie einen Heliport umfasst.

Unterstützt wird die Höchstleistung von einer unter dem Aspekt der Energieeffizienz und dem Lebenszyklusgedanken geplanten und errichteten Gebäudetechnik: Die Grundlastabdeckung für den Heizbetrieb erfolgt über die Geothermie mittels getrennter reversibler Wärmepumpen über das Grundwasser bzw. Tiefensonden und Betonplattenaktivierung (400 kW). Die Spitzenlastabdeckung wird mittels einer Gaskesselanlage sichergestellt (780 kW). Um einen ökologisch und ökonomisch nachhaltigen Betrieb des Gebäudes gewährleisten zu können, wird ein zentraler Schichtladepuffer vorgesehen, um anfallende Abwärmemengen sowie Rückwärmemengen einspeisen zu können. Weiters wird die Abwärme der Kältemaschine in das Heizungsnetz rückgespeist.

Die Grundlastabdeckung für den Kühlbetrieb erfolgt über die Geothermie mittels freier Kühlung, über die Grundwassernutzung mittels drei Entnahmehbrunnen bzw. eine Sole/Wasser-Wärmepumpe über die Tiefensonden und die aktivierte Bodenplatte (400 kW). Zur Spitzenlastabdeckung wird ein leistungsgeregelter Schraubenkompressor (847 kW) mit trockenen Glykolerückkühlern installiert, die in den Wintermonaten auch zur freien Kühlung der Server- und LAN-Räume eingesetzt werden.

Über die neun Zu- und Abluftanlagen mit nachhaltigen, hocheffizienten Wärmerückgewinnungseinheiten wird eine Luftmenge von ca. 135.000m³/h bewegt. Das Gebäude wird mit Druckbelüftungsanlagen (Luftmenge ca. 160.000m³/h) und Brandrauchverdünnungsanlagen (Luftmenge ca. 117.000 m³/h) ausgestattet. Neben einer Vielzahl von Nassgruppen, Wasser- und Warmwasseraufbereitungsanlagen umfasst die Sanitäranlage eine Grundwasserentnahme zur Grünflächenbewässerung, Löschhilfen sowie die Druckluftversorgung.

Objektadresse und Objektbezeichnung

Neubau ÖAMTC-Zentrale
Baumgasse 131, 1030 Wien

Objektbeschreibung

- Bauherr: ÖAMTC
- Planung Haustechnik: Caverion
- Gebäudetyp: Bürogebäude
- Baujahr:
- Gesamtnutzfläche aufgeteilt auf:
 - Wohnfläche:
 - Bürofläche: 27.000 m²
 - Produktions- und Gewerbefläche

Beschreibung der Wärmequellenanlage (Anzahl d. Erdwärmesonden, Anzahl Brunnen bei Grundwassernutzung)

34 Erdwärmesonden à 130m; 4 Entnahmehbrunnen
(Entzugwassermenge ca. 11 l/s)

Heizungs- und Kühlanlage

- Heizlast: 1.346kW
(keine GLZ berücksichtigt)
- Kühllast: 1.247kW
(keine GLZ berücksichtigt)
 - Wärmepumpe: 2 WP für Ansaugbrunnen à 92,6 kW Heizleistung, 1 WP Geothermie (Tiefensonden + Betonplattenaktivierung) 243 kW Heizleistung, 182 kW Kühlleistung
 - Wärmeverteilungssystem:
 - Luftherhitzer (Vorheizregister): 40/30 °C
 - Luftherhitzer (Nachheizregister): 40/30 °C
 - Betonkernaktivierung: 32/28 °C
 - Heizdecken: 35/30 °C
 - Fußbodenheizung Schalterbereich: 40/30 °C
 - Kühlverteilungssystem:
 - Betonkernaktivierung: 18/22 °C
 - Kühldecke: 16/19 °C

Beschreibung der Warmwasserebereitung (nur bei Wohngebäuden)

-

Weitere alternative Energienutzung

-

9 DATEN UND FAKTEN ZUR ERDWÄRME IM ÜBERBLICK¹¹

Erdwärme oder Geothermie bezeichnet die im Erdreich gespeicherte Wärme. Die obersten zehn Meter liegen im Einflussbereich der jahreszeitlich bedingten Lufttemperaturschwankung. Darunter herrschen mehr oder weniger zeitlich konstante Temperaturverhältnisse. Im Durchschnitt steigt zudem die Temperatur um circa drei Grad Celsius pro 100 Meter Tiefzunahme. Diese Temperaturzunahme resultiert aus der natürlichen Entwärmung der im Erdinneren heißen Erde mit über 5.000 Grad Celsius im Erdkern. Der natürliche Wärmenachschub an die Erdoberfläche ist jedoch sehr gering und entspricht einer Leistung von circa 700 Watt auf der Fläche eines Fußballfeldes. Daher nutzt die Geothermie hauptsächlich die gespeicherte Wärme des Erdbodens. So kann zum Beispiel durch Abkühlung eines Kubikmeters Erdreich um ein Grad Celsius eine Wärmemenge von bis zu 0,7 kWh entzogen werden.

Oberflächennahe Erdwärme

In Österreich wird der Begriff „Oberflächennahe Geothermie“ meist für die Nutzung von Erdwärme in den oberen 300 Tiefenmetern verwendet. Tiefere Anlagen fallen unter das Mineralrohstoffgesetz (MinroG) und benötigen zusätzliche behördliche Auflagen. Da in den obersten 300 Metern des Untergrundes in Wien mit maximalen Temperaturen von 20 Grad Celsius zu rechnen ist, sind Anwendungen der Oberflächennahen Geothermie zu Heizzwecken zumeist auf Wärmepumpen angewiesen.

Tiefe Geothermie

Der Begriff „Tiefe Geothermie“ umfasst in Österreich zumeist die Nutzung natürlich vorhandener Heißwässer (Thermalwässer) zu Heizzwecken oder zur Stromgewinnung. In den meisten Fällen ist das Temperaturniveau ausreichend hoch, dass die im Thermalwasser gespeicherte Wärme ohne Wärmepumpe genutzt werden kann. Mit Ausnahme einiger natürlicher Thermalquellen liegen die Heißwasservorkommen in Mindesttiefen von einigen hundert, teilweise sogar von mehreren tausend Metern.

Erdwärme nutzen

Die Oberflächennahe Geothermie wird in Wien meist mithilfe von Erdwärmesonden oder mittels Grundwasser-Wärmepumpen genutzt. Erdwärmesonden reichen üblicherweise bis in eine Tiefe von 30 bis 250 Metern. Wenn vorhanden, kann der oberste Grundwasserkörper, abgesehen von Grundwasserschutzgebieten, auch direkt genutzt werden. Die thermische Nutzung des Grundwassers ist die wirtschaftlichste Form der oberflächennahen Geothermie. Die Voraussetzung ist allerdings das Vorhandensein eines oberflächennahen, ergiebigen Grundwasserkörpers. In Wien ist dieser vor allem in den Donauschottern zu finden.

Anwendungsmöglichkeiten

Oberflächennahe Geothermie eignet sich hervorragend zur Klimatisierung von Gebäuden oder Infrastruktureinrichtungen oder sogar zur Eisfreihaltung von Gehsteigen. Aufgrund des geringen Temperaturniveaus im oberflächennahen Untergrund von wenigen Grad Celsius bis maximal 20 Grad Celsius ist die Anwendung zum Heizen auf Wärmepumpen angewiesen. Die Kühlung kann jedoch ohne Wärmepumpe (Free Cooling) erfolgen. Da die Nutzung der Erdwärme primär der Entladung eines Akkus entspricht, lässt sich der Untergrund auch als saisonaler Erdspeicher verwenden, um zum Beispiel im Sommer erzielte Wärmeüberschüsse im kommenden Winter zu nutzen.

Ökologisch und nachhaltig

Generell stellt Geothermie eine sehr umweltschonende Wärmequelle dar, die, abgesehen vom Antriebsstrom der Wärmepumpe und des Pumpenkreislaufs keine Emissionen hervorruft. Sie ist zudem prinzipiell überall verfügbar und aus diesem Grund hervorragend für lokale Energieversorgungskonzepte ohne lange Transportwege geeignet.

Durch den Betrieb einer oberflächennahen Erdwärmeanlage wird die Erdreichtemperatur lokal um fünf bis zehn Grad Celsius verändert. Die Wärme fließt vom umgebenden Erdreich nach. Nach Abschaltung der Anlage ist das ursprüngliche Temperaturregime rasch wiederhergestellt.

Die Oberflächennahe Erdwärme zur Wärme- oder Kältegewinnung ist generell als nachhaltig und erneuerbar zu betrachten. Der Erdboden muss aber als Akku betrachtet werden, der auch wieder geladen werden muss. Daher kann eine ökologisch nachhaltige und wirtschaftlich sinnvolle Nutzung der Erdwärme durch einen saisonalen Wechselbetrieb ermöglicht werden. Durch abwechselnde Heizung im Winter und Kühlung im Sommer oder durch Einspeicherung von Überschusswärme im Sommer wird die Regeneration des Untergrundes unterstützt und die Effizienz der Erdwärmenutzung gesteigert.

Wie wirtschaftlich ist Erdwärme?

Generell gilt für die Nutzung der Erdwärme das Gleiche wie für die meisten erneuerbaren Energieträger: Hohen Investitionskosten stehen vergleichsweise geringe Betriebskosten gegenüber. Die thermische Nutzung des Grundwassers ist mit spezifischen Investitionskosten ohne Ankauf von Wärmepumpen von 50 bis 500 Euro pro Kilowatt deutlich geringer als bei der Nutzung mittels Erdwärmesonden (500 bis 1.000 Euro pro Kilowatt). Jedoch ist thermische Nutzung des Grundwassers nicht überall im Stadtgebiet uneingeschränkt möglich. Der aktuelle Trend in Großbauprojekten, die mittels Erdwärmenutzungen klimatisiert werden, zeigt eine kombinierte Nutzung von Erdwärmesonden, thermischen Grundwassernutzungen und thermisch aktivierten Gebäudeelementen, um die Deckung des Wärme- und Kältebedarfs bei vertretbaren Kosten zu erzielen.

Kombination mit anderen Energieträgern

Anwendungen der Oberflächennahen Geothermie lassen sich gut mit anderen Wärmequellen kombinieren, beispielsweise mit Solarthermie oder Abwärme aus Kühlkreisläufen. Neben der Abdeckung von Spitzenlast durch andere Energieträger und -systeme sind Synergieeffekte vor allem bei der saisonalen Speicherung von Überschusswärme in Erdwärmesondensfeldern in vielen Gebieten Europas mittlerweile Stand der Technik.

Hilfe bei der Planung

In Wien gibt es verschiedene öffentliche und private Einrichtungen, die bei der Planung von Erdwärmenutzungen weiterhelfen können. Neben den öffentlichen Forschungseinrichtungen in Wien wie der Geologischen Bundesanstalt (GBA) oder Austrian Institute of Technology (AIT) gibt es zahlreiche Planungsbüros, die kompetente Projektbegleitung und Beratung bei Behördenverfahren anbieten.

Hinweise zu staatlich beideten Ziviltechnikern und Ziviltechnikerinnen sind unter den Suchbegriffen „Kulturtechnik“ oder „Technische Geologie“ auf der Website der Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten zu finden.

¹¹ <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/stadtplan/erdwaerme/fakten.html>

10 LITERATURHINWEISE, ANSPRECHPARTNER, NÜTZLICHE LINKS

10.1 Zuständige Dienststellen der Gemeinde Wien

Rechtliche Beratung und Einreichung der Unterlagen in dreifacher Ausfertigung bei:

Magistratsabteilung 58 – Wasserrecht,

A-1200 Wien, Dresdner Straße 73–75, 1. Stock,

Parteienverkehr: montags bis freitags von 8:00 Uhr bis 12:00 Uhr

Telefon: +43 (0)1 4000/96815

E-Mail: post@ma58.wien.gv.at

Rechtliche Beratung und Einreichung der Unterlagen in zumindest dreifacher, besser vierfacher Ausfertigung im Rahmen einer gewerberechtl. Bewilligung beim zuständigen Betriebsanlagenzentrum im Magistratischen Bezirksamt:

- für die Bezirke 1, 3, 4, 5, 6, 7 und 8 beim Magistratischen Bezirksamt für den 1./8. Bezirk,
A-1010 Wien, Wipplinger Straße 8
Telefon: +43 (0)1 4000/01000
E-Mail: post@mba01.wien.gv.at
- für die Bezirke 2, 10, 11 und 23 beim Magistratischen Bezirksamt für den 10. Bezirk,
A-1100 Wien, Laxenburger Straße 43–45
Telefon: 4000/10000
E-Mail: post@mba10.wien.gv.at
- für die Bezirke 12, 13, 14, 15, 16 und 17 beim Magistratischen Bezirksamt für den 12. Bezirk,
A-1120 Wien, Schönbrunner Straße 259
Telefon: +43 (0)1 4000/12000
E-Mail: post@mba12.wien.gv.at
- für die Bezirke 9, 18, 19, 20, 21 und 22 beim Magistratischen Bezirksamt für den 21. Bezirk,
A-1210 Wien, Am Spitz 1
Telefon: +43 (0)1 4000/21000
E-Mail: post@mba21.wien.gv.at

Energieplanung:

MA 20 – Energieplanung

1060 Wien, Amerlingstraße 11

Telefon: +43 (0)1 4000 88305

E-Mail: post@ma20.wien.gv.at

Wärmepumpenförderung und sicherheitstechnische Belange:

MA 25 – Stadterneuerung und Prüfstelle für Wohnhäuser

A-1200 Wien, Maria-Restituta-Platz 1,

Parteienverkehr: dienstags und donnerstags von 8:00 Uhr bis 12:00 Uhr,

Telefon: +43 (0)1 4000/8025,

E-Mail: post@ma25.wien.gv.at

Tiefbautechnische bzw. geologische Belange:

Magistratsabteilung 29 – Brückenbau und Grundbau

Fachbereich Grundbau

Baugrunderkennung

1160 Wien, Wilhelminenstraße 93

Telefon: +43 (0)1 4000/96915

E-Mail: post@ma29.wien.gv.at

Hydrologische und gewässerschutztechnische Belange:

Magistratsabteilung 45 – Wiener Gewässer, Gruppe Gewässerschutz

1160 Wien, Wilhelminenstraße 93,

Parteienverkehr: dienstags und donnerstags von 8:00 Uhr bis 12:30 Uhr

Telefon: +43 (0)1 4000/96560

E-Mail: post@ma45.wien.gv.at

10.2 Ansprechpartner für Planung, Bau und Betrieb von Erdwärmeheizungsanlagen

Geologische Bundesanstalt

1030 Wien, Neulinggasse 38

E-Mail: office@geologie.ac.at

Telefon: +43 (0)1 7125674

Fax: +43-1-7125674-56

Fachverband Ingenieurbüros

1040 Wien, Schaumburgergasse 20/1

Telefon: +43 (0)5 90900 3250

E-Mail: ftbi@wko.at

ÖIAV – Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Verein

1010 Wien, Eschenbachgasse 9

Telefon: +43 (0)1 587 35 36

E-Mail: office@oiav.at

Vereinigung Österr. Bohr-, Brunnenbau- und Spezialtiefbauunternehmen

1010 Wien, Wolfengasse 4/8

Telefon: +43 (0)1 713 27 72

E-Mail: office@voebu.at

ÖVGW – Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach

1010 Wien, Schuberting 14

Tel.: +43 (0)1 513 15 88-0

E-Mail: office@ovgw.at

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV)

1010 Wien, Marc-Aurel-Straße 5

Tel. +43-1-535 57 20

E-Mail: buero@oewav.at

www.oewav.at

10.3 Nützliche Links

Wärmepumpenleitfaden

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/pdf/waermepumpenleitfaden.pdf>

Erdwärmepotenzialkataster Wien

<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energie/themenstadtplan/erdwaerme/index.html>

Merkblatt Erdwärmesonde – Erforderliche Einreichunterlagen

<https://www.wien.gv.at/umwelt/gewaesser/ahs-info/pdf/wasserrechtsverfahren-tiefsonden.pdf>

Merkblatt Grundwasserwärmepumpe – Erforderliche Einreichunterlagen

<https://www.wien.gv.at/umwelt/gewaesser/ahs-info/pdf/wasserrechtsverfahren-brunnenanlagen.pdf>

10.4 Relevante Gesetze, Normen und Richtlinien

Bundesgesetz über mineralische Rohstoffe (Mineralrohstoffgesetz – MinroG), i.d.g.F

ÖWAV-Regelblatt 207, Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds – Heizen und Kühlen (2009)

OIB-Richtlinie 6, Energieeinsparung und Wärmeschutz, 2015

<https://www.oib.or.at/de/guidelines/richtlinie-6-1>

ÖNORM B 2601, Wassererschließung – Brunnen – Planung, Bau und Betrieb, 2016

ÖNORM H 7500-1, Heizungssysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, 2015

ÖNORM B 8110-6, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf – Nationale Festlegungen und nationale Ergänzungen zur ÖNORM EN ISO 13790, 2014

ÖNORM EN ISO 11855-3, Umweltgerechte Gebäudeplanung – Planung, Auslegung, Installation und Steuerung flächenintegrierter Strahlheizungs- und -kühlsysteme – Teil 3: Planung und Auslegung (ISO 11855-3:2012), 2015

ÖNORM H 2201, Leistungen der Sanitär-, Heizungs-, Lüftungs- und Kältetechnik – Werkvertragsnorm 2014

ÖNORM H 6040, Berechnung der sensiblen und latenten Kühllast sowie der sommerlichen Temperaturgänge von Räumen und Gebäuden (Nationale Ergänzungen zu ÖNORM EN 15255 und ÖNORM EN ISO 13791), 2012

ÖNORM EN 12828, Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Warmwasser-Heizungsanlagen, 2014

ÖNORM EN 15450, Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen, 2008

ÖNORM H 5055, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Begleitende Dokumente zum Energieausweis – Befund, Gutachten, Ratschläge und Empfehlungen, 2011

ÖNORM EN ISO 52003-1, Energieeffizienz von Gebäuden – Indikatoren, Anforderungen und Ausweiserstellung – Teil 1: Allgemeine Aspekte und Anwendung auf die Gesamtenergieeffizienz (ISO/DIS 52003-1:2015), 2015

ÖNORM EN 15217, Energieeffizienz von Gebäuden – Verfahren zur Darstellung der Energieeffizienz und zur Erstellung des Gebäudeenergieausweises, 2007

Wasserrechtsgesetz, i.d.g.F.

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010290>

