



Erdwärmetechnik in Dortmund



WATERKOTTE

Wärmepumpensysteme für
den Privat- und Projektbereich
inkl. Wärmequellenerschließung

Baureihen von 5 bis 500 kW



... mit dem Potenzial
der längsten Erfahrung ...



www.waterkotte.de

Ihr Spezialist in regenerativen und
alternativen Energien



Krogmann & Schüssler
GmbH & Co.KG
Wittichstr.23, 44339 Dortmund

Fon: 0231-8822740

Fax: 0231-8822079

Wärmepumpen - Solarsysteme - Photovoltaik
www.krogmann-schuessler.de

Vorwort



Erdwärmetechnik in Dortmund

Dortmund ist eine bevölkerungsreiche und dicht besiedelte Großstadt und das wirtschaftliche Zentrum Westfalens. Daher besteht für Gewerbe, Industrie und Privathaushalte ein hoher Energiebedarf, der zurzeit noch maßgeblich aus fossilen Energieträgern bereitgestellt wird. Somit ist die Stadt auch mit an der Freisetzung des für den Klimawandel und seine Folgen mitverantwortlich gemachten Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) beteiligt. Eine wichtige Rolle spielen in diesem Zusammenhang die tausende zu beheizenden Wohn- und Geschäftsräume. Hier bestehen immense Energieeinsparpotenziale.

Vor diesem Hintergrund gewinnen – nicht nur wegen der fortschreitenden Verknappung der fossilen Energieträger – generell Maßnahmen zur Sicherung zukunftsfähiger und bezahlbarer Energie- und Wärmeversorgung sowie zur Verminderung des Kohlendioxidausstoßes eine zunehmende Bedeutung.

Die Stadt Dortmund erarbeitet zurzeit ein kommunales Handlungsprogramm zur Senkung der CO₂-Emissionen sowie zur Sicherung des Energiebedarfs, um im Stadtgebiet auf dieser Grundlage bis 2020 die CO₂-Emissionen erheblich zu verringern.

Auf Bundesebene wurde mit dem am 01.01.2009 in Kraft getretenen Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zudem ein neuer gesetzlicher Regelungsrahmen geschaffen. Das Ziel ist es hier, den Anteil an erneuerbaren Energien am Verbrauch für Wärme bis zum Jahre 2020 auf 14 % zu steigern. An dieser Bemühung beteiligt sich die Stadt Dortmund u. a. mit der Broschüre „Erdwärmetechnik in Dortmund“.

Der Erdmantel ist ein natürlicher Wärmespeicher, der an der Oberfläche von der Sonneneinstrahlung und in den tieferen Schichten vom Wärmestrom aus dem geologischen Untergrund gespeist wird und so als sich ständig erneuernde (regenerative) Energiequelle zur Verfügung steht.

Neben anderen erneuerbaren natürlichen Energieträgern wie Sonne, Wind und Wasser soll und kann besonders die Nutzung der tiefen Erdwärme (Geothermie) in Deutschland zukünftig einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und einer zukunftssicheren Energieversorgung leisten.

In diesem Zusammenhang ist die Wärmepumpe in Verbindung mit der Energiequelle Geothermie und ihrer technischen Erschließung über Erdsonden eine zukunftsfähige und vorteilhafte Antwort auf die knapper werdenden fossilen Energieträger und den darauf bisher ausgerichteten Verbrauch für die Wärmeenergiegewinnung, insbesondere zur Sicherung des Heizungswärmebedarfs im Einfamilienhaus und im Wohnungsbau.

Eine vorbildliche, erste, groß angelegte Kampagne zur Erdwärmennutzung für die Wärmeenergieversorgung wurde in Dortmund bereits im Jahre 2001 erfolgreich gestartet. Alle 65 Wohnhäuser der Neubausiedlung Rittershofer Straße in Dortmund-Mengede nutzen die Wärme aus der Erde. Inzwischen gibt es weitere Baugebiete, in denen ausnahmslos auf Geothermie gesetzt wird.

In den bauplanungsrechtlich erfassten Siedlungsbereichen des Dortmunder Stadtgebiets stehen dazu grundsätzlich überall ausreichend vorhandene Untergrundwärmevorkommen zur Erschließung und Nutzung zur Verfügung.

Daher wendet sich die Stadt mit dieser Broschüre an alle Bauherren und Gebäudebesitzer. Hier finden Sie technische und ökonomische Hinweise zum Einsatz von Erdwärme. Informieren Sie sich hier, bevor Sie in Wärmetechnik in Ihren Gebäuden investieren!

Wilhelm Steitz
Beigeordneter der Stadt Dortmund
für Umwelt, Recht und Bürgerdienste

Inhalt	Seite
Vorwort	3
1. Einleitung	7
2. Das System Wärmepumpe	
2.1 Funktion	9
2.2 Leistungsbeschreibung einer Wärmepumpe	10
2.3 Die unterschiedlichen Wärmepumpensysteme	11
2.3.1 Luft-Wasser-Wärmepumpe	12
2.3.2 Wasser-Wasser-Wärmepumpe	12
2.3.3 Sole-Wasser-Wärmepumpe	13
3. Erdwärmetechnik	
3.1 Allgemeines	15
3.2 Flächenkollektoren	16
3.3 Erdwärmesonden	17
3.3.1 Systembeschreibung	19
3.3.2 Wärmeträgerflüssigkeit	20
3.3.3 Geologie	21
3.3.4 Bohrung	22
3.3.5 Schichtenverzeichnis – Bohrprofil	23
3.3.6 Einbau der Erdsonde	25
3.4 Anlagensicherheit	
3.4.1 Systembetrachtung	26
3.4.2 Gefährdungspotenzial der Bohrung	27
3.4.3 Rückbau von Erdsondenanlagen	27
3.5 Anlagenplanung	
3.5.1 Auslegung einer Erdsondenanlage	28
3.5.2 Planungstipps & Hinweise	30
4. Rechtliche Beurteilung	
4.1 Wasserrecht	31
4.2 Bodenschutzrecht	31
4.3 Bergrecht	32
5. Erlaubnisverfahren	
5.1 Wasserrechtliches Erlaubnisverfahren	33
5.2 Bergrechtliches Verfahren	34
5.3 Anzeigepflicht der Bohrungen	34
5.4 Ablaufschema des Erlaubnisverfahrens	35
6. Investitionskosten & Fördergelder	
6.1 Kostenübersicht	37
6.2 Fördergelder	39
7. Anhang	
7.1 Ansprechpartner und Informationen	41
7.2 Links	42
7.3 Quellennachweise	42
7.4 Bildnachweise	43

1. Einleitung

Die nicht erneuerbaren Energiequellen sind naturgemäß nur begrenzt verfügbar. Besonders die Rohstoffe Erdöl und Erdgas werden in absehbarer Zeit aufgebraucht sein.

Weltweite statistische Reichweite der nicht erneuerbaren Energieträger	
Erdöl	50 Jahre
Erdgas	60 Jahre
Steinkohle	180 Jahre
Uran	45 Jahre

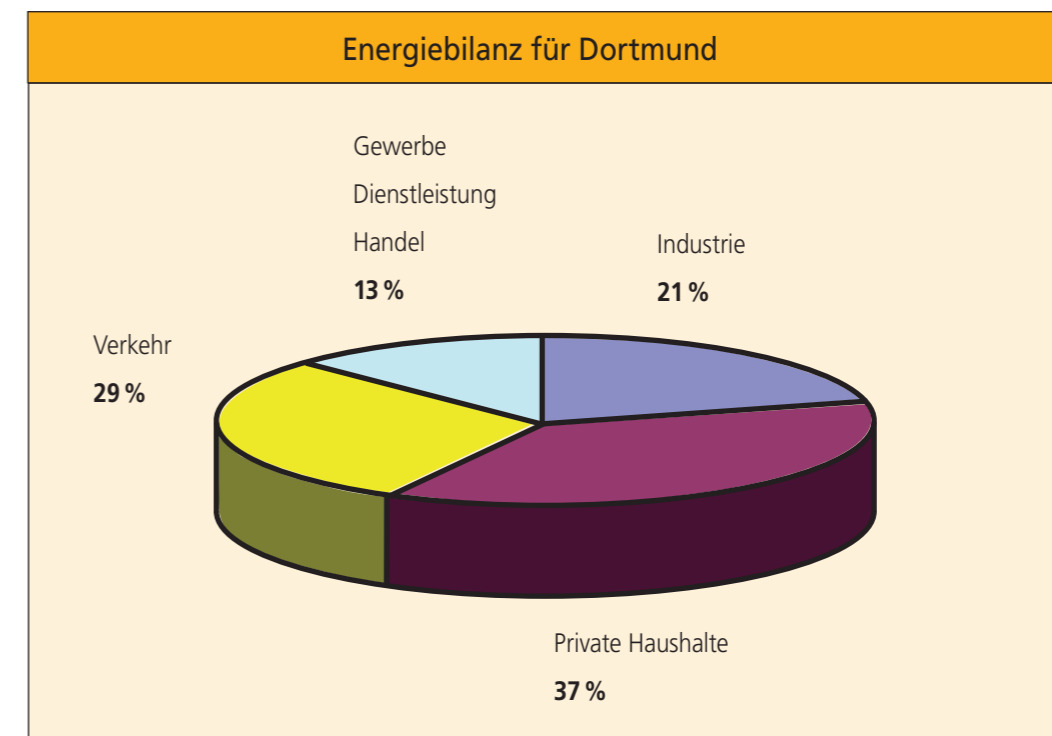
[Bild 1]

Stand 2006

Vor diesem Hintergrund sind die stetig steigenden Preise für Strom, Gas und Kraftstoff zu sehen. Positiv ist, dass endliche Ressourcen und explodierende Preise die technologische Entwicklung im Bereich der Energieversorgung immer weiter vorantreiben. In diesem Zusammenhang ist natürlich auch der alarmierende Klimawandel zu nennen. Zum Schutz des Klimas hat sich Deutschland verpflichtet, den Ausstoß von Treibhausgasen zu senken und den Anteil erneuerbarer Energien deutlich zu erhöhen. Das Ziel lautet: 2020 soll Deutschland 40 % weniger Treibhausgase produzieren. Bereits heute ist der CO₂-Ausstoß um ca. 18 % geringer als 1990.

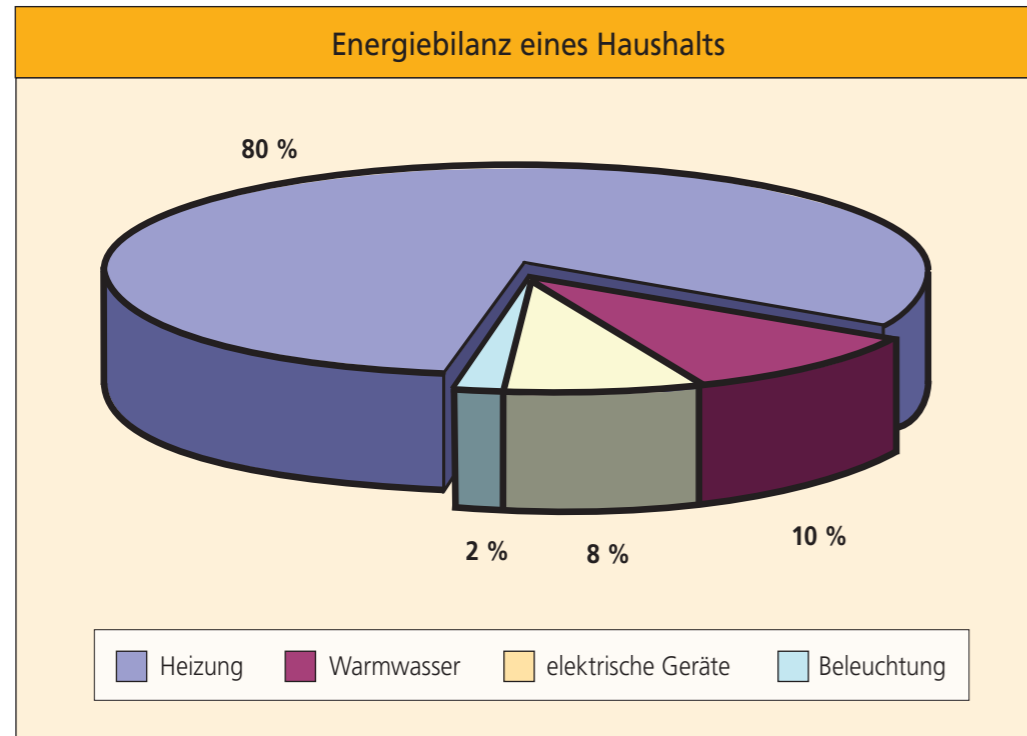
Um diese Ziele zu erreichen, sind neben der Energieeinsparung die Erhöhung der Energieeffizienz, sowie der Ausbau erneuerbarer Energien von entscheidender Bedeutung. Ob es nun Optimierungen im Bereich der Steuer- und Regelungstechnik, oder Weiterentwicklungen im Bereich der Wärmeübertragung und der damit einhergehenden fast schon revolutionären Wiederentdeckung der Wärmepumpe sind. Auf nahezu allen Gebieten der Energietechnik finden positive Veränderungen statt.

Die folgende Grafik zeigt, dass mit 37 % der größte Anteil an Energie in Dortmund im Bereich der Privathaushalte verbraucht wird.



[Bild 2]

Setzt man diese 37 % zu 100 % Energieverbrauch für Haushalte, wie dies unten dargestellt ist, so zeigt sich, dass der Anteil allein für den Bereich Wohnraumheizung bei ca. 80 % liegt.



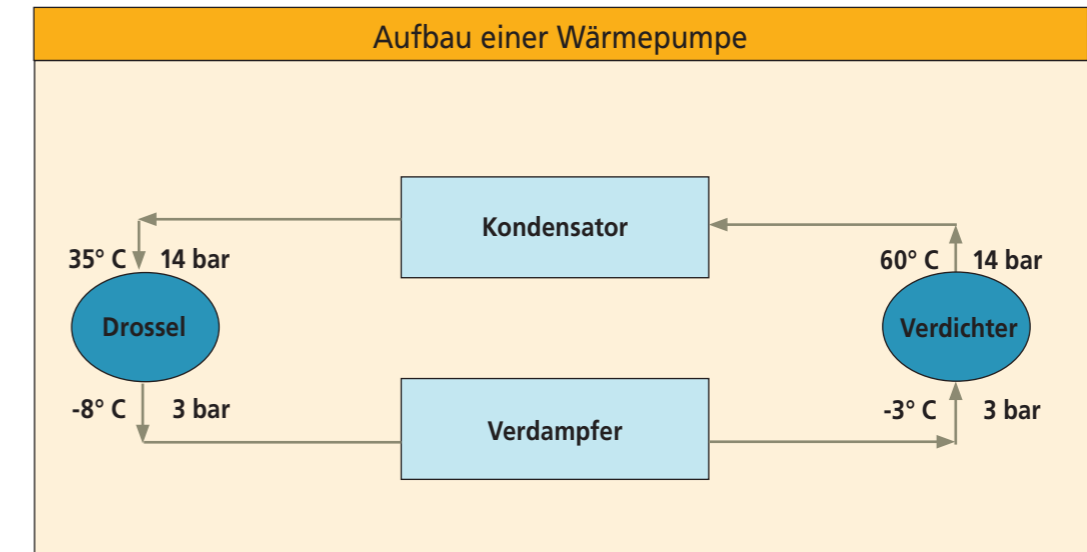
[Bild 3]

Im Zuge dieser Entwicklungen haben sich Behörden, Verbände und Interessengemeinschaften auf vielfältiger Ebene mit der Thematik der erdgekoppelten Wärmepumpentechnik befasst. Das daraus resultierende Informationsangebot ist so umfangreich, dass es für die Öffentlichkeit schwierig ist, hier nicht die Übersicht zu verlieren. Die untere Wasserbehörde (UWB) im Umweltamt der Stadt Dortmund hat daher diese Informationsschrift entwickelt. Neben der Darstellung der verschiedenen Wärmepumpensysteme werden auch die wasserrechtlichen Belange für das Stadtgebiet Dortmund berücksichtigt. Dabei steht die grundwasserschutzorientierte Betrachtung der sogenannten erdgekoppelten Wärmepumpen (Erdwärmetechnik) im Vordergrund, um sowohl Bürger als auch Fachplaner bei der praktischen Umsetzung zu unterstützen.

2. Das System der Wärmepumpe

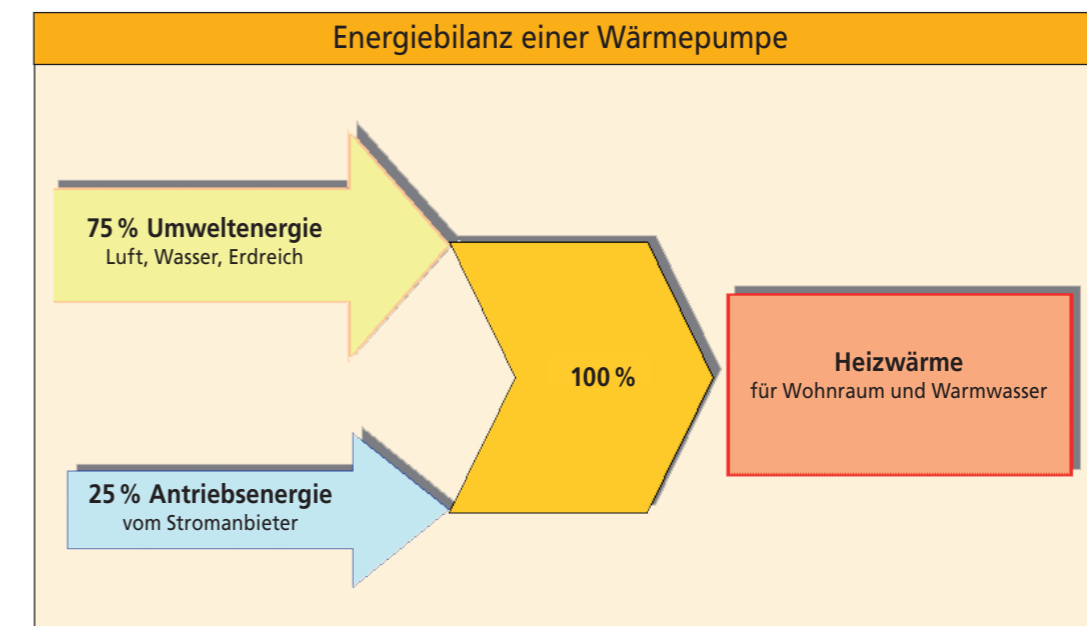
2.1 Funktion

Eine Wärmepumpe ist ein Wärmeerzeuger, der in der Lage ist, der Luft, dem Wasser oder dem Erdreich Wärme zu entziehen und diese dann für Heizzwecke bereit zu stellen. Das gleiche Prinzip kommt in jedem Kühlschrank zum Einsatz. Steht bei dem Kühlschrank der Kühlprozess im Vordergrund, so ist es bei der Wärmepumpe die erzeugte Wärme. In einer Wärmepumpe findet ein Kreisprozess statt [Bild 4]. Ein Kältemittel wird in einem Kreislauf zuerst verdampft, dann verdichtet, verflüssigt und entspannt. Mit einer Wärmepumpe wird also der Umwelt die Wärme entzogen und für den haustechnischen Bereich nutzbar gemacht.



[Bild 4]

Die erzeugte Wärmeenergie beträgt ca. das Vierfache der eingebrachten elektrischen Energie, d. h. mit einem Anteil Antriebsenergie werden 4 Teile Heizwärme (z. B. Erdwärme) erzeugt.



[Bild 5]

Fachinformationen zur Wärmepumpe

Ein Wärmepumpenkreisprozess läuft wie folgt ab:

Die Wärme wird über die Wärmetauscherflächen des Verdampfers der Umwelt entzogen. Dies geschieht, weil sich im Verdampfer ein Kältemittel mit niedriger Temperatur (z. B. -8°C) und geringem Druck (z. B. 3 bar) befindet.

Darüber hinaus ist die Umgebungstemperatur des Verdampfers höher als die dem Druck entsprechende Siedetemperatur des Arbeitsmittels. Durch dieses Temperaturgefälle kommt es zur Wärmeübertragung von der Umgebung auf die Wärmeträgerflüssigkeit. Die Wärmeträgerflüssigkeit siedet und verdampft schließlich.

Über den Verdichter (keine Pumpe) wird ständig verdampftes Kältemittel angesaugt und verdichtet, dadurch steigen der Druck und die Temperatur. An dieser Stelle wird sprichwörtlich die Wärme „gepumpt“ in diesem Beispiel von -3°C und 3,0 bar auf $+60^{\circ}\text{C}$ und 14 bar. Anschließend wird der nun verdichtete Kältemitteldampf über die Wärmetauscherflächen des Kondensators (Verflüssiger) „gedrückt“.

Der Kondensator wird beispielsweise vom Heizungswasser einer Fußbodenheizung umströmt. Die Temperatur des Heizungswassers ist niedriger als die Kondensationstemperatur des Kältemittels, so dass der Kältemitteldampf wieder verflüssigt wird. Dabei wird die über den Verdichter aufgenommene Wärme wieder freigesetzt und über den Kondensator an das Heizungswasser abgegeben. Anschließend wird das Kältemittel von dem hohen Druck über das Expansionsventil auf den ursprünglichen Anfangsdruck entspannt. Beim Eintritt des Kältemittels in den Verdampfer sind Anfangsdruck und -temperatur wieder erreicht. Der Kreislauf ist geschlossen. /1/

2.2 Leistungsbeschreibung einer Wärmepumpe

Im Folgenden werden einige Begriffe zur Qualitäts- und Leistungsbeschreibung von Wärmepumpen erläutert:

Leistungszahl (ϵ)

Das Verhältnis zwischen der abgegebenen Wärmeleistung (kW) und der aufgenommenen elektrischen Leistung wird als Leistungszahl ausgedrückt. Sie gilt jedoch nur für Anlagen auf dem Prüfstand für einen bestimmten Betriebspunkt.

COP-Wert

Neben der Leistungszahl hat sich ein weiterer Wert als Bewertungskriterium etabliert.

Es ist der COP-Wert (COP = Coefficient of Performance = Wirkungsgrad). Er gibt das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung (kW) zur aufgenommenen elektrischen Antriebsleistung, inklusiv Hilfsenergie unter Prüfbedingungen (bestimmte Temperaturverhältnisse, festgelegte Zeitpunkte) an.

Im COP sind auch die Leistungen der Hilfsaggregate (Pumpenleistung für Heizungs-, Sole- bzw. Grundwasser-Förderpumpen) enthalten. Damit ist der COP-Wert ein **Gütekriterium** für Wärmepumpen.

Leistungszahl und COP-Wert erlauben allerdings keine energetische Bewertung der Gesamtanlage. Sie sind nur eine **Momentaufnahme** eines bestimmten Wärmepumpentyps bei günstigen Betriebsbedingungen (z. B. bei 35°C Vorlauftemperatur). Wesentlich aussagefähiger ist die Jahresarbeitszahl.

Jahresarbeitszahl (β)

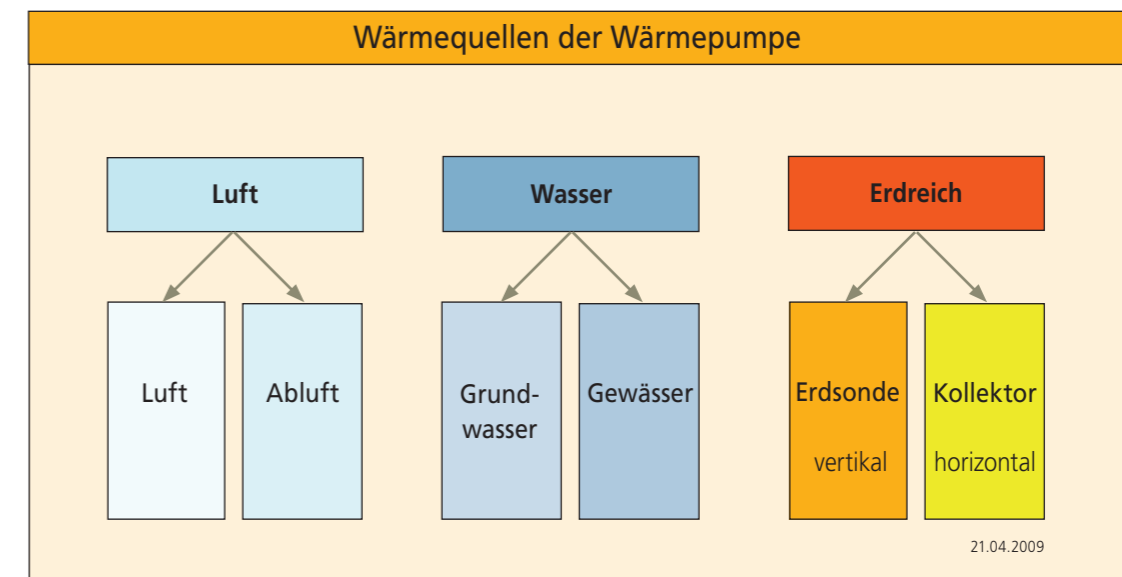
Sie betrachtet das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung (Heizwärme) zu aufgenommener Antriebsleistung über einen längeren Zeitraum (1 Jahr). Es ist das Verhältnis des Jahresertrages an Heizenergie (kWh/a) zu aufgewendeter Antriebs- und Hilfsenergie (kWh/a).

Die wichtigere Wärmepumpen-Kennzahl für den Wirkungsgrad ist somit die Jahresarbeitszahl β . Wie der COP-Wert enthält auch die Jahresarbeitszahl anteilig die Leistungen von Heizungsumwälzpumpen und Grundwasser- bzw. Sole-Förderpumpen.

Die Jahresarbeitszahl kann somit auch als Anlagennutzungsgrad verstanden werden. Sie eignet sich damit gut zur energetischen Bewertung der Gesamtanlage. In der Praxis erreichen Wärmepumpen Werte von 2 bis 4. Vorsicht bei Herstellerangaben von wesentlich größeren Arbeitszahlen. /2/

2.3 Die unterschiedlichen Wärmepumpensysteme

Man unterscheidet verschiedene Wärmepumpentypen hinsichtlich der genutzten Wärmequelle. Die hier vorgestellten Systeme werden über einen elektrischen Verdichter angetrieben. Man nennt sie auch Elektrowärmepumpen. Daneben gibt es gasbetriebene Wärmepumpen und/oder Adsorptionswärmepumpen, die hier jedoch nicht betrachtet werden. Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal der Elektrowärmepumpen liegt in der Art und Weise der Wärmequellennutzung. Als Wärmequellen stehen Luft, Wasser und Erdreich zur Verfügung.



[Bild 6] Schaubild Wärmequellen

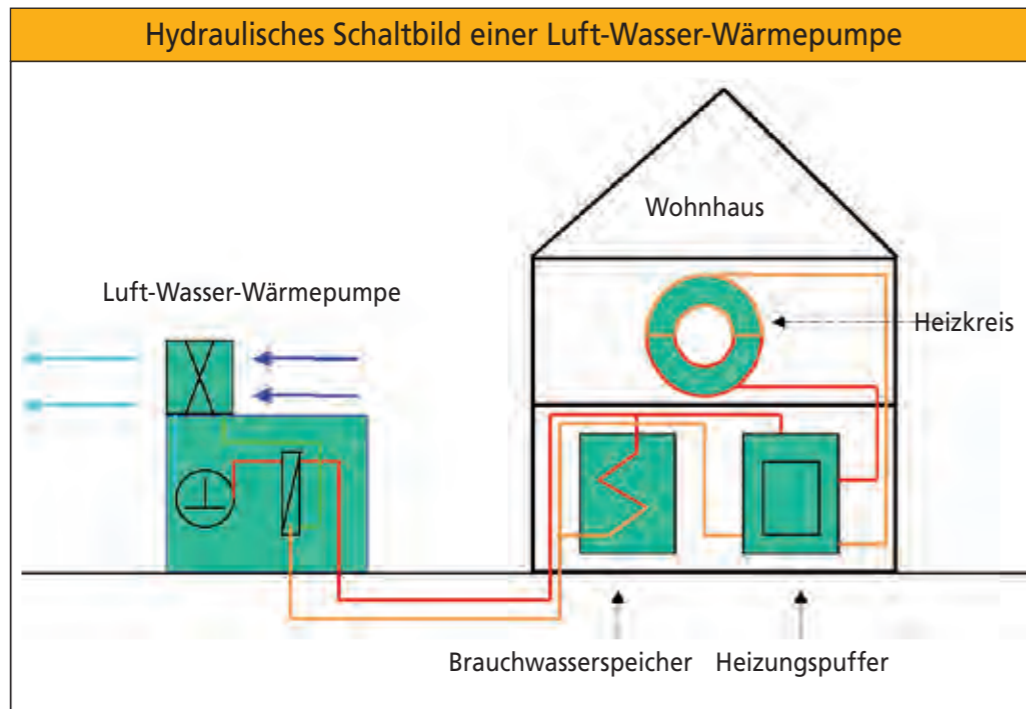
Die Systemauswahl ist natürlich immer abhängig vom Nutzungsspektrum. Die Betriebsweise erfolgt entweder mono- oder bivalent, wobei im monovalenten Heizbetrieb die Wärmeerzeugung ausschließlich über einen Wärmeerzeuger erfolgt, z. B. über einen Erdgaskessel.

In einem bivalenten Heizsystem werden zwei Wärmeerzeuger eingesetzt. Beispielsweise die Luft-Wasser-Wärmepumpe für den Regelbetrieb (ca. 95 %) in Kombination mit einem Erdgasheizkessel für die Spitzenlastabdeckung der kritischen bzw. sehr kalten Wintertage (ca. 5 %) bei Außentemperaturen von z. B. -12°C .

So gesehen sind die gegenwärtig zum Einsatz kommenden Wärmepumpen bivalente Systeme, da sie i. d. R. einen elektrischen Heizstab integriert haben. Dieser soll sicherheitshalber den Wärmebedarf der sog. „kritischen Tage“ abdecken.

2.3.1 Luft-Wasser-Wärmepumpe

In zunehmendem Maße werden Luft-Wärmepumpen in der Haustechnik eingesetzt. Die Außenluft ist besonders leicht zu erschließen und überall in unbegrenzter Menge verfügbar. Durch Optimierung der Wärmetauscherflächen lassen sich auch Zu- und Abluftkanäle entsprechend anpassen.

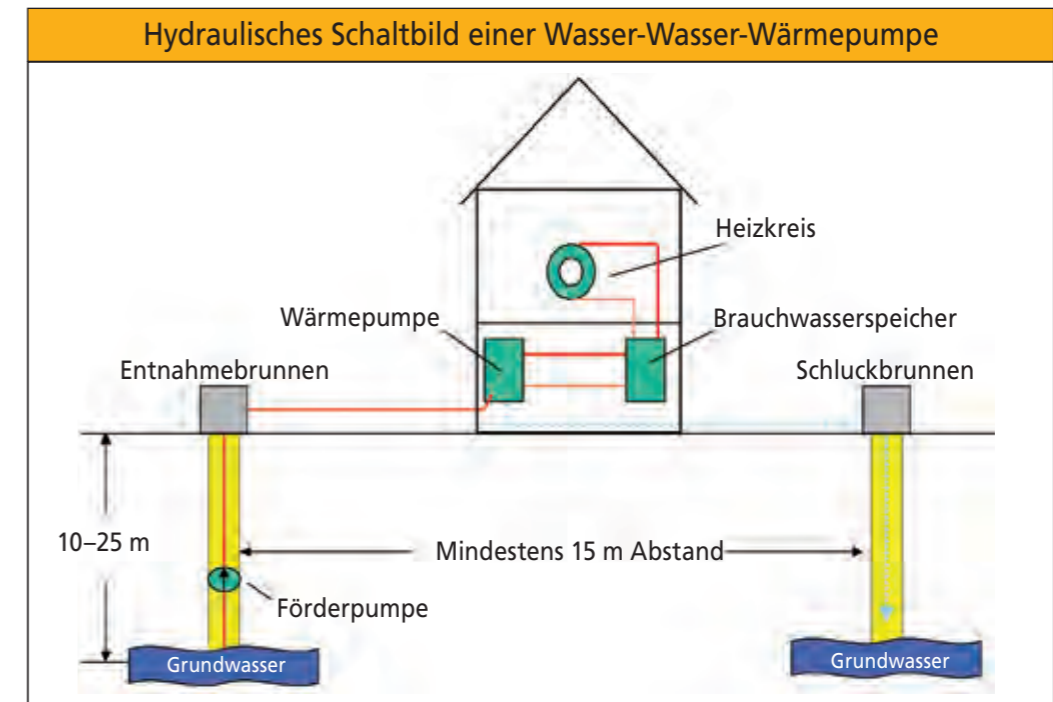


[Bild 7]

Herstellerseitig werden diese Geräte mit Ventilatoren ausgerüstet, um die erforderliche Luftmenge direkt zum Verdampfer der Wärmepumpe zu fördern. [Bild 7] zeigt das hydraulische Schaltbild einer Luft-Wasser-Wärmepumpe. Bei der Innenaufstellung sollte besonders auf die Schallisolierung geachtet werden. Der Aufstellungsort einer Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage lässt sich in die Bereiche Wärmequelleneinheit und Wärmeabgabesystem gliedern. Anlagen dieser Art nennt man auch Splitsysteme. Dabei ist bei der Außenaufstellung zu beachten, dass eine eventuelle Belästigung durch Lüftergeräusche vermieden wird.

2.3.2 Wasser-Wasser-Wärmepumpen

Die beste energetische Ausbeute bieten Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Hier erfolgt der Wärmeentzug aus dem Grundwasser. Das Grundwasser hält ganzjährig eine Temperatur von ca. 7–12° C vor. Über einen Brunnen wird Grundwasser der Wärmepumpe zugeführt. Hier wird dem Grundwasser die Wärme entzogen und für Heizzwecke aufbereitet. Das abgekühlte Wasser wird über einen Schluckbrunnen an geeigneter Stelle dem Untergrund wieder zugeführt. Der erforderliche Mindestabstand zwischen Schluck- und Entnahmebrunnen hängt von der Grundwasserfördermenge, den hydrogeologischen Verhältnissen und der Einleittemperatur ab. Der Schluckbrunnen muss die gleiche Wassermenge aufnehmen können, wie sie der Entnahmebrunnen liefern kann. Um Strömungskurzschlüsse auszuschließen ist es wichtig, dass der Schluckbrunnen mindestens 10–15 m hinter dem Entnahmebrunnen angeordnet wird.



[Bild 8]

Die Planung und Errichtung solcher Anlagen hat daher von sehr erfahrenen Brunnenbauern zu erfolgen. Die Brunnenanlage muss eine Dauerentnahme gewährleisten. Für eine zuverlässige Funktion der Anlage ist vor allem die Beschaffenheit des Grundwassers von Bedeutung. Da Grundwasser i. d. R. eher sauerstoffarm ist, besteht hier die Gefahr, dass u. U. Eisen- und Mangankonzentrationen vorliegen, die im Bereich des Schluckbrunnens durch Zutritt von Luftsauerstoff, zu Verockerungen der Anlagenteile führen können. In solchen Fällen ist ein Totalausfall der Wärmequellenanlage und damit der Heizungsanlage möglich. Der Grenzwert für Eisen liegt bei > 0,2 mg/l und Mangan bei > 0,1mg/l. Daher muss im Planungsstadium der Anlage eine genaue Grundwasseranalyse bezüglich der Korrosion des Verdampfers erstellt werden. Die Leistungszahl liegt bei > 5. Das bedeutet, dass für die Erzeugung von 5 kWh Heizleistung nur 1 kWh elektrische Antriebsenergie benötigt werden. Die 4 kWh erhält man aus dem Grundwasser. Bei Wärmepumpen bis 30 kW Heizleistung sollte das Grundwasser aus Brunnen mit einer Maximaltiefe von ca. 15–20 m gepumpt werden. Diese Lösung bedarf jedoch einer genauen Genehmigungsprüfung der unteren Wasserbehörde. Grundsätzlich beinhaltet die Vorplanung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe folgenden Erschließungsaufwand: Brunnenanlage (Entnahme- und Schluckbrunnen), Brunnenpumpe, Rohrleitungssystem, Erdarbeiten, ausreichende Schüttung (Wassermenge), Grundwasserfließrichtung, hinreichende Wasserqualität und Temperatur, Genehmigungsfähigkeit dieser Grundwassernutzung. In Dortmund werden derzeit 15 Anlagen dieser Art mit wasserbehördlicher Erlaubnis betrieben.

2.3.3 Sole-Wasser-Wärmepumpe

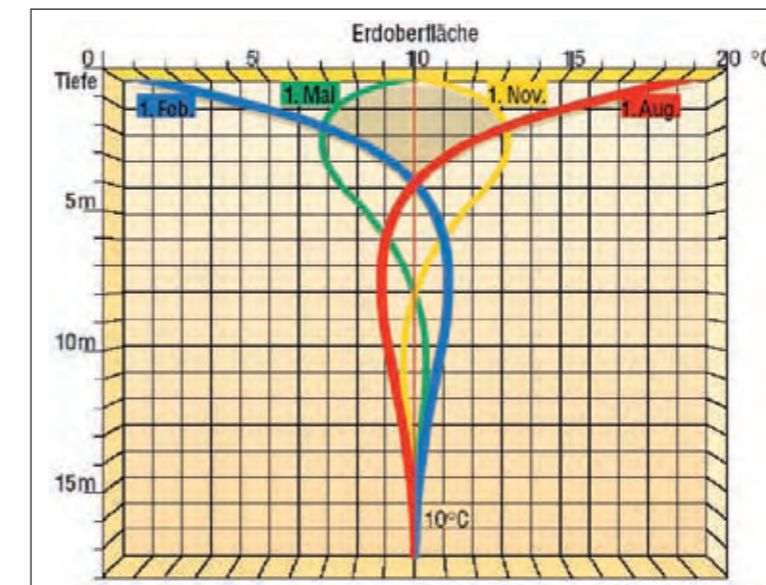
Wärmepumpen dieser Bauart nutzen die Erdwärme entweder über horizontal verlegte Wärmetauscher (Kollektoren), oder aber über vertikal eingebrachte Erdsonden. Diese Art und Weise der Wärmequellennutzung wird auch als Erdwärmetechnik bezeichnet, sie stellt den Schwerpunkt dieser Informationsbroschüre dar und wird im folgenden Punkt ausführlich beschrieben.

3. Erdwärmetechnik

3.1 Allgemeines

Das Erdreich ist u.a. wegen seiner Temperaturkonstanz eine sehr günstige und nahezu unerschöpfliche Wärmequelle. In der Regel handelt es sich um oberflächennahe Geothermie. Die Nutzung der Tiefengeothermie, die hier nicht näher beschrieben wird, beginnt in einer Tiefe von ca. 400 m.

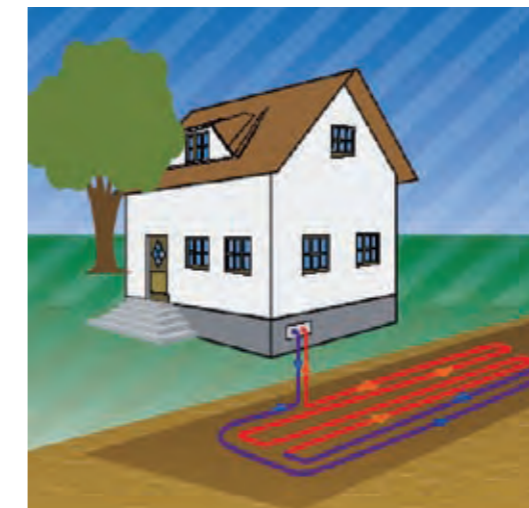
Bis ca. 10 m Tiefe ist der Temperaturverlauf im Boden durch die Außentemperatur geprägt. Danach ist die Temperatur über das Jahr nahezu konstant. Man spricht hier auch von der „neutralen Zone“. In tieferen Erdschichten ist der Anteil der geothermischen Wärme aus dem Erdinneren deutlich höher, die Temperatur nimmt pro 100 m um etwa 3° C zu. Die Frostgrenze liegt im allgemeinen bei 0,8 m Tiefe.



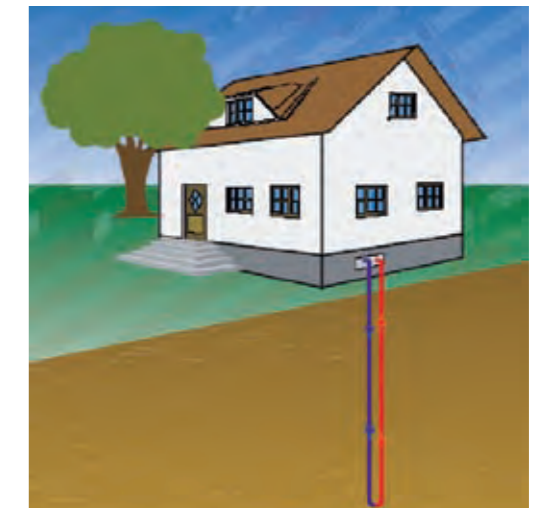
[Bild 9] Temperaturverlauf im ungestörten Erdreich in Abhängigkeit von der Jahreszeit.

In der Regel werden für Erdwärmepumpen nur die Erdschichten bis zu einer Tiefe von ca. 100 m genutzt. Bei diesen Tiefen wird das Erdreich nahezu vollständig aus der Sonnenenergie durch direkte Einstrahlung und vor allem durch Niederschläge gespeist. Um diese Erdwärme nutzen zu können, werden entweder oberflächennahe Erdwärmekollektoren [Bild 10] bis zu einer Tiefe von ca. 2 m verlegt oder aber Erdsondenanlagen [Bild 11] errichtet, die meist bis zu einer Tiefe von 100 m gebohrt werden. Bei Erdwärmekollektoren sind Wärmeentzugsleistungen von 10–40 W/m² zu erwarten. Die horizontalen Rohre werden in einer Tiefe von 1,3–2,0 m und in einem Abstand von etwa 0,5 m verlegt.

Achtung! Kalte Anlagenteile im Untergrund müssen einen Abstand von mindestens 0,7 m zu Ver- und Entsorgungsleitungen aufweisen.



[Bild 10]



[Bild 11]

Die Wärmeträgerflüssigkeit (vgl. Pkt. 3.3.2) zirkuliert innerhalb der Kollektorschleifen [Bild 10] oder im Erdsondenkreislauf [Bild 11] in einem geschlossenen Rohrsystem. Das Rohrmaterial besteht aus unverrottbarem, dauerbeständigem Kunststoff, meist PE-Rohr DN 32. Die Auslegung von solchen Systemen ist in erster Linie abhängig von dem Wärmebedarf des zu versorgenden Gebäudes und dem Flächenangebot des zur Verfügung stehenden Grundstückes.

3.2 Flächenkollektoren

Erdwärmekollektoren, auch Flächenkollektoren [Bild 10] genannt, haben den Vorteil, dass sie unkompliziert und preiswert in der Herstellung sind. Für Wohnhäuser mit nur geringem Wärmebedarf und geeigneter Grundstücksfläche sind Erdwärmekollektoren eine günstige Lösung. Die benötigte Fläche für die Kollektoren liegt in der Regel beim ein- bis zweifachen der Nutzfläche, die beheizt werden soll. Der Wärmebedarf der Nutzfläche schwankt in der Regel zwischen 30 W/m² bei einem Niedrigenergiehaus und 80 W/m² bei einem Altbau mit Wärmedämmung.

Ein Problem der Erdkollektoren stellt der große Flächenbedarf dar, deshalb lassen sich in der Regel diese Wärmetauscheranlagen im Bereich von Reihenhaussiedlungen und kleinen freistehenden Einfamilienhäusern sowie Doppelhäusern nicht realisieren. Außerdem dürfen horizontal verlegte Wärmetauscherflächen nicht überbaut werden. Neben den oben beschriebenen Erdwärmekollektoren gibt es weitere Sonderbauformen, zu diesen gehören:

- Grabenkollektoren
- Spiralkollektoren (Spiralsonden, Energiekörbe oder auch Erdwärmekörbe genannt)
- Kollektoren mit Regenwasserversickerung
- Energiepfähle

Die wesentlichen Kenndaten für Erdwärmekollektoren sind:

- Durchschnittstemperatur im Winter -5° C bis +5° C
- Mittlere Jahresarbeitszahl bis 4,0
- Kosten dieser Wärmequelle, ca. 280 €/kW
- spezifische Wärmeentzugsleistungen (s. u.)
- Eine wasserrechtliche Erlaubnis ist grundsätzlich erforderlich.

Erdwärmekollektor	
Bodenqualität	spezifische Wärmeentzugsleistung
trockener nicht bindiger Boden	8–10 W/m
bindiger Boden feucht	16–30 W/m
wassergesättigter Kies, Sand	35–40 W/m
Schotter	nicht geeignet

3.3 Erdwärmesonden

Lässt sich aufgrund des mangelnden Flächenangebotes eine Erdwärmekollektoranlage nicht realisieren, so bietet sich hier das Verfahren der Erdsondentechnik an [Bild 11]. Erdwärme ist zu 98 % gespeicherte Sonnenenergie. 2 % Wärme kommen aus dem Erdinneren. Erdwärmesonden sind gegenwärtig am meisten verbreitet.



[Bild 12] Sondenrohr aufgerollt



[Bild 13] Sondenrohr vor dem Einbau

Erdsonden bestehen üblicherweise aus einem U-förmigen Sondenfuß [Bild 14], der eine Vorrichtung zur Befestigung von Gewichten als Einbauhilfe besitzt, und einem endlosen vertikalen Sondenrohr [Bilder 12, 13, 15] aus hochdichtem HDPE (Polyethylen High Density = PE-HD), das als Doppel-U-Rohr in Bohrlöchern, Pfählen oder anderen Fundamentbauwerken eingelegt bzw. eingelassen wird, um die Erdwärme zu nutzen.



[Bild 14] Sondenfuß mit Schraubvorrichtung



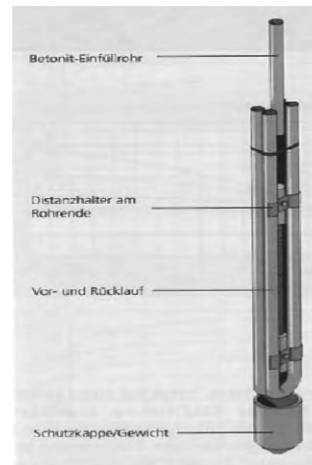
[Bild 15] Sondenrohr

Die Verbindung zwischen vertikalen Rohren und horizontalen Rohren (Anbindungsleitung) erfolgt über den Sondenkopf. Erdwärmesonden haben i. d. R. einen Durchmesser von DN 20–40 mm. In Dortmund werden üblicherweise PE-Rohre mit DN 32 eingesetzt. Der Sondenfuß [Bild 14] und seine Anschlüsse sind werkseitig herzustellen (VDI 45640, Blatt 2). Um eine effektivere Wärmeübertragung zu erhalten, werden in der Regel sogenannte Doppel-U-Rohrsonden [Bilder 16, 17] eingebaut.

Das sind zwei separate U-Rohrstränge, die am oberen Ende wieder vereint werden, so dass dann nur noch von einer Sonde jeweils eine Leitung (Vor- und Rücklauf) zur Wärmepumpenanlage geführt wird. Die Verbindungen erfolgen durch Heizelementschweißen, Heizwendel-Schweißen oder Heizelement-Stumpfschweißen.

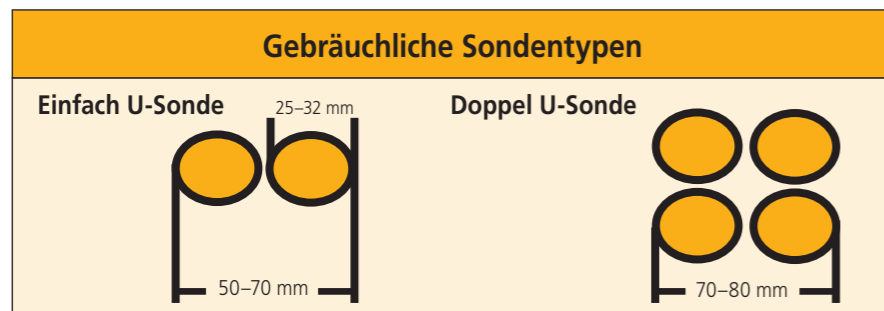


[Bild 16] Sondendarstellungen Fuß mit Doppel-U-Sonde



[Bild 17]

Die Erdwärmesonden werden in Abhängigkeit des Durchmessers in verschiedenen Bauarten angeboten. Die untenstehende Skizze zeigt die gebräuchlichsten Sondentypen.



[Bild 18]

Die wesentlichen Kenndaten für Erdsonden sind:

- Durchschnittstemperatur im Winter -0°C bis $+10^{\circ}\text{C}$
- Mittlere Jahresarbeitszahl bis 4,5
- Kosten: ca. 40–80 €/m Sonde inklusiv Bohrung je nach Bodenbeschaffenheit
- Spezifische Wärmeentzugsleistungen (s. u.)

Erdwärmesonde	
Bodenqualität	spezifische Wärmeentzugsleistung
Kies, Sand trocken	20–25 W/m
Kies, Sand wasserführend	55–80 W/m
Ton, Lehm feucht	30–50 W/m
Kalkstein	45–70 W/m
Sandstein	55–80 W/m
Gneis, Granit	55–85 W/m

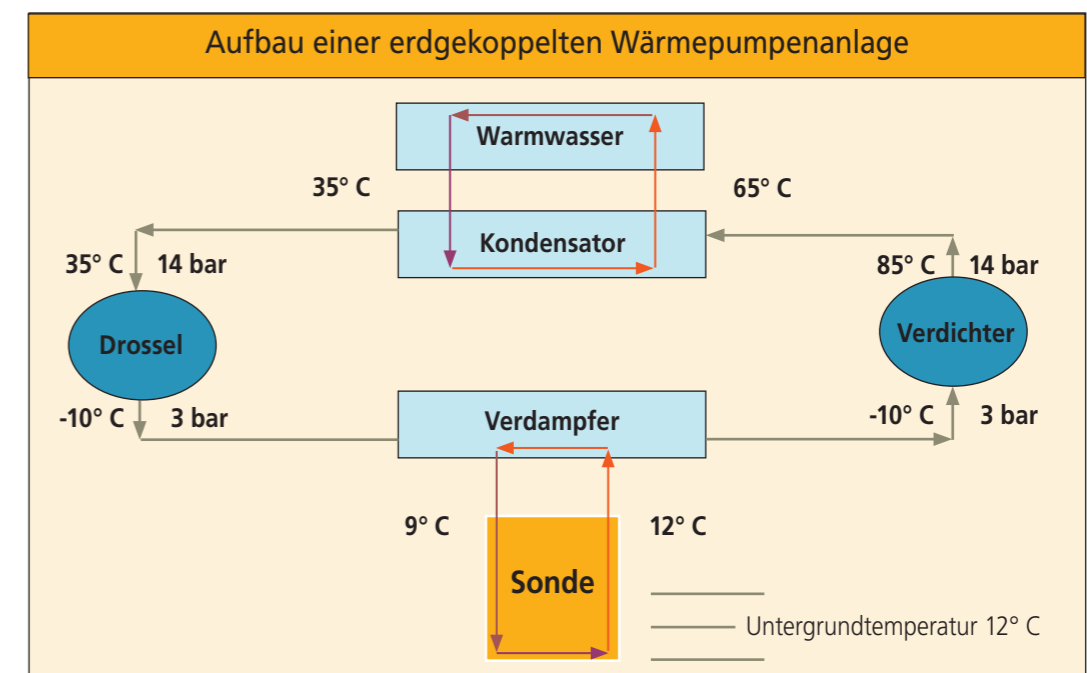
3.3.1 Systembeschreibung

Über die Erdsonde wird Wärme aus dem Untergrund aufgenommen, der Wärmepumpe zugeführt und dort für die haustechnische Nutzung aufbereitet. Eine Erdsondenanlage besteht in der Regel aus drei separaten Stoffkreisläufen [Bild 19]. Der erste Kreislauf, der Primärkreislauf, stellt sich als Wärmequellenanlage dar. Der zweite Kreislauf, der Sekundärkreislauf, ist die Wärmepumpenanlage. Der dritte Kreislauf ist der Heizungskreislauf für Fußbodenheizung und Warmwasserspeicher.



[Bild 19] System Erdwärmelanlage

Im Sondenkreislauf zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit, die Sole. Sie nimmt im Untergrund aus dem Erdreich Wärme auf. Die Wärmeübertragung erfolgt, weil die Sole kälter ist, als das umgebende Erdreich. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus der Tatsache, dass Wärme immer vom „Warmen“ zum „Kalten“ fließt und nie umgekehrt. Die im Erdreich aufgenommene Wärme gelangt über eine Pumpe zum Verdampfer der Wärmepumpenanlage. Hier erfolgt nun die Wärmeübertragung an das Kältemittel der Wärmepumpe. Schließlich wird die gewonnene Wärme über den Kondensator an das Heizungswasser des Wohnhauses abgegeben. Über ein Regelventil wird das Heizungswasser wahlweise in die Fußbodenheizung oder aber in den Warmwasserspeicher zur Erwärmung des Brauchwassers geführt.



[Bild 20]

Anlagen dieser Art arbeiten nach dem Prinzip des Indirektverdampferverfahrens. Im Gegensatz dazu, wird im Direktverdampferverfahren das Kältemittel der Wärmepumpe direkt in die Erdsonde geleitet. Diese Anlagen haben natürlich einen besseren Wirkungsgrad, da der Übertragungsweg zwischen Sondenkreislauf und Wärmepumpenkreislauf entfällt. Allerdings ist hier ein höherer Materialaufwand zu berücksichtigen, da aufgrund der zum Einsatz kommenden Kältemittel das PE-Rohr nicht als Sondenrohr geeignet ist.

3.3.2 Wärmeträgerflüssigkeit

In den Wärmequellenanlagen zirkuliert üblicherweise ein Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel, welches auch als Kältemittel, Wärmeträgerflüssigkeit oder aber auch als Sole bezeichnet wird.

Bei Erdwärmesonden dürfen nur Kältemittel eingesetzt werden, die der Wassergefährdungsklasse 1 (WGK 1) angehören. Grundlage dieser Kältemittel sind die Stoffe Ethandiol (= Ethylenglycol), Propylenglycol und Calciumchlorid unter Zusatz von Korrosionsinhibitoren. Damit sind Zusätze gemeint, die Korrosionsschutzigenschaften aufweisen. Diese Wärmeträgerflüssigkeiten haben die Eigenschaft, bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck Wärme aufnehmen zu können und diese bei höherer Temperatur und höherem Druck wieder abzugeben. Angeboten werden diese Kältemittel z. B. unter der Bezeichnung Antifrogen L/N oder Tyfocor.



[Bild 21] Gebinde – Kältemittel

Fachinformationen zu den Kältemitteln

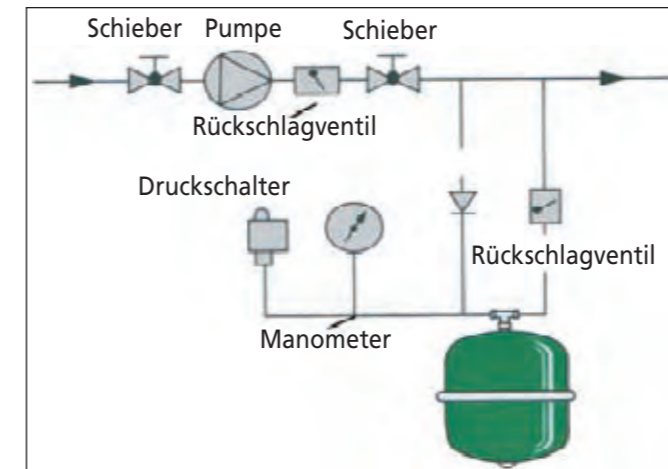
Die zur Zeit gängigen Kältemittel und ihre prozentualen Anteile an Stoffen unterschiedlicher Wassergefährdungsklassen (WGK) sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Produktname	Hersteller	Stoff	WGK	WGK 1	WGK 2	WGK 3
Tyfocor	Tyforop	Ethylenglykol	1	< 5%	< 1%	0%
Tyfocor L	Tyforop	Propylenglykol	1	< 5%	< 1%	0%
Calciumchlorid-Kühlsole	Tyforop	Calciumchlorid (34%ig)	1	< 1%	0%	0%
Dowcal 10	DOW	Ethylenglykol	1	98,90%	0,20%	0%
Dowcal 20	DOW	Propylenglykol	1	96,80%	0,52%	0%
Antifrogen N	Clariant	Ethylenglykol	1	96,80%	0,60%	0%
Antifrogen L	Clariant	Propylenglykol	1	96,90%	0,10%	0%
Leckanzeige Clariant	Clariant	Ethylenglykol	1	96,80%	0,60%	0%
Havoline AFC	Arteco	Ethylenglykol	1	5,70%	0,20%	0%
Havoline XLC	Arteco	Ethylenglykol	1	5,70%	0,20%	0%

[Bild 22]

In der Vergangenheit sind Erdsonden mit Stoffen der WGK 0 (im Allgemeinen nicht wassergefährdend) betrieben worden. Nach Wegfall der WGK 0 und Einstufung dieser Stoffe in die WGK 1 werden diese Stoffe bei einwandigen unterirdischen Wärmesonden und Erdkollektoren unter der Voraussetzung bestimmter Schutzvorkehrungen bis auf Weiteres hier als auch verwendbar genannt. Die Solekonzentration muss mindestens 25 % bis max. 30 % betragen. Gleichzeitig wird ein Frostschutz bis -14° C gewährleistet. Bei dem Wärmeentzug können Soletemperaturen von -5° C bis +20° C auftreten.

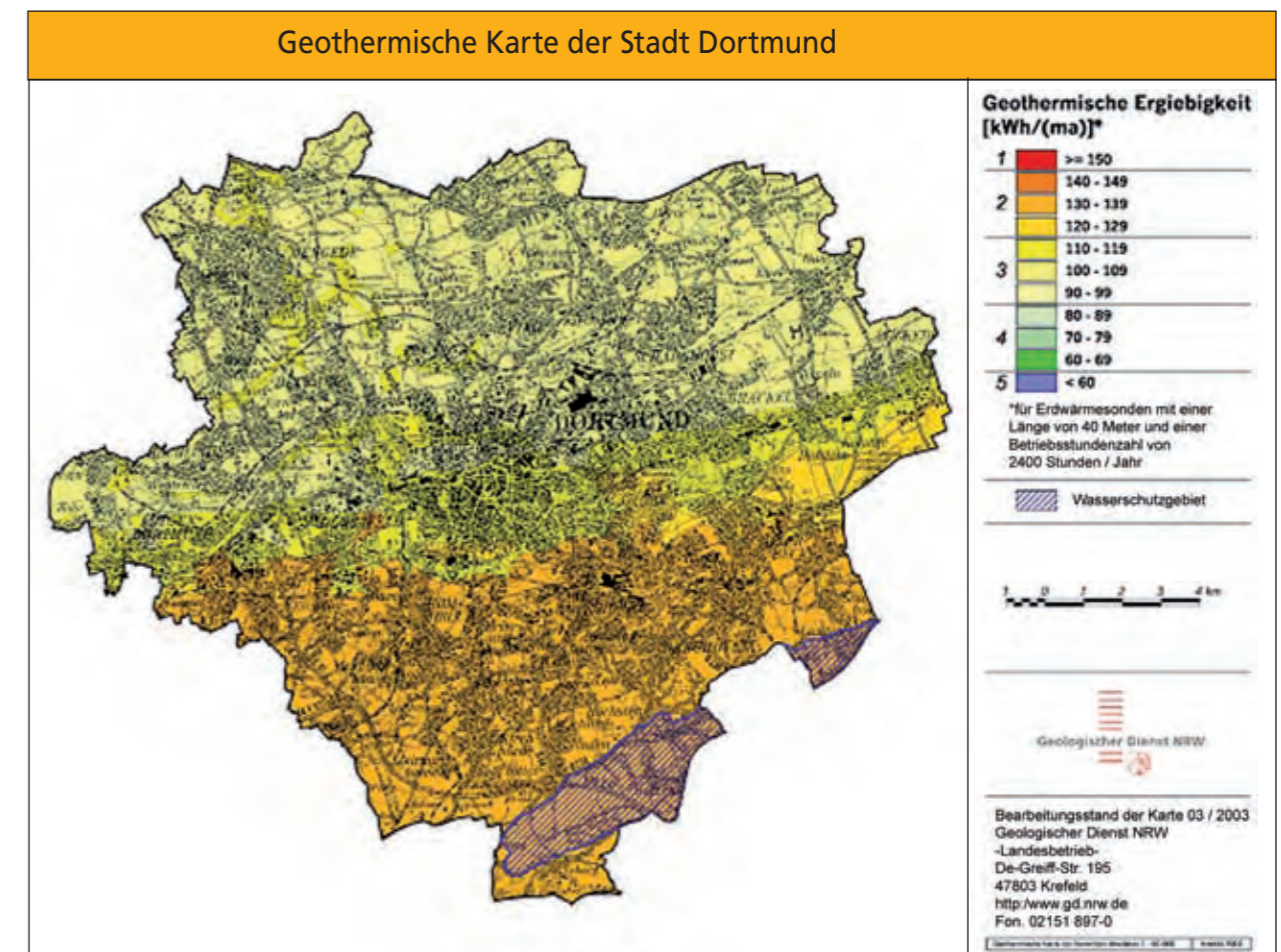
Diese starke Temperaturschwankung führt zu einer unterschiedlichen Ausdehnung der Soleflüssigkeit innerhalb des Kreislaufs. Dadurch wird ein Ausdehnungsgefäß innerhalb des Kreislaufs notwendig, welches die Druckschwankungen kompensiert. Die Ausdehnungsgefäße für die Wärmequellenanlagen benötigen eine Vordruckeinstellung von 0,5 bar. [Bild 23] zeigt ein Ausführungsbeispiel eines hier grün dargestellten Ausdehnungsgefäßes innerhalb des Sondenkreislaufs.



[Bild 23]

3.3.3 Geologie

Für die Errichtung einer Erdsondenanlage müssen die örtlichen Untergrundverhältnisse bekannt sein. Konkrete Informationen erhält man beispielsweise vom Geologischen Dienst NRW in Krefeld. Grundsätzlich ist in Dortmund die Errichtung einer erdgekoppelten Wärmepumpenanlage möglich. In der folgenden Karte ist die geothermische Ergiebigkeit für Dortmund dargestellt.



[Bild 24]

Die Karte für Dortmund zeigt, dass die Ergiebigkeit von Nord nach Süd ansteigt. Wie im Bild dargestellt liegt sie für Kurl bei ca. 95 kWh/ma, in Berghofen bei ca. 120 kWh/ma. Die hier genannte Einheit beschreibt den Zusammenhang Kilowattstunde pro laufenden Bohrmeter im Jahr unter Berücksichtigung eines Heizbetriebes für Heizungswasser und Warmwasser (Körperpflege). Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass in Dortmund die geothermische Ergiebigkeit als ausreichend zu bewerten ist.

3.3.4 Bohrung

Für die Erdsonden werden Bohrungen i. d. R. zwischen 60 und 160 m niedergebracht. Der Bohrdurchmesser beträgt ca. 110–140 mm.



[Bild 25] Bohrfahrzeug während einer Bohrung



[Bild 26] Bohrfahrzeug

Abhängig vom Wärmebedarf und den geologischen Verhältnissen können u. U. mehrere Bohrungen erforderlich sein. Die mögliche Entzugsleistung ist sehr stark von der Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes abhängig. Grundwasserführende Schichten haben eine größere Leitfähigkeit (ca. 100 W/m) als trockene Sedimente (30 W/m). Grundsätzlich sind die Gesteine im Dortmunder Stadtgebiet für die Wärmetechnik gut geeignet.

In die Bohrlöcher werden die Erdsonden eingebracht. Der Ringraum zwischen Bohrloch und Erdsonde **muss** komplett von unten bis oben (Geländeoberkante) verpresst werden. Dies gewährleistet eine optimale Wärmeübertragung zwischen Erdreich und Sondenrohrwandung. Hohlräume würden isolierend wirken und den notwendigen Wärmeübergang vom Erdreich zur Sonde unterbrechen.

Darüber hinaus werden durchteufte Grundwasserleiter gegeneinander abgedichtet. Grundwasserhorizonte dürfen sich nicht austauschen. Würden das erste und zweite Grundwasserstockwerk durchbohrt, muss verhindert werden, dass sich das Grundwasser beider Stockwerke vermischt, da die Wasserqualität des zweiten Grundwasserstockwerks hochwertiger ist, als das Wasser aus dem ersten. Dies wird durch eine schlüssige Verfüllung mit einem Quelltonmaterial, i. d. R. Bentonit, erreicht. Außerdem wird durch die Verpressung der Eintrag von Schadstoffen bzw. Vegetationsbestandteilen in den Untergrund vermieden, und das Sondensystem erhält eine dauerhafte statische Festigkeit.

Die Bohrungen sind nur durch qualifizierte Bohrfirmen durchzuführen, die gem. DVWK Arbeitsblatt A120 zertifiziert sein müssen. In diesem Arbeitsblatt werden die Qualifikationskriterien für Bohr- und Brunnenbauunternehmen bzw. die personellen und sachlichen Anforderungen festgelegt.

Gängige Bohrverfahren in der Erdwärmetechnik sind das Hammerbohrverfahren und das Rotarybohrverfahren, weil sich diese Techniken hinsichtlich der zu erwartenden geologischen Verhältnisse, der geplanten Bohrtiefe, Equipment und Qualifikation der Bohrfirmen sowie der betriebswirtschaftlichen Aspekte am besten eignen.

Die Hammerbohrtechnik kommt hauptsächlich in Festgesteinsformationen zum Einsatz. Hier wird das anstehende Gestein schlagend zertrümmert. Um das gelöste Bohrgut an die Geländeoberfläche zu befördern, werden Luft oder aber geringe Wassermengen eingesetzt.

Das Rotarybohrverfahren wird in Spülbohrtechnik überwiegend in Lockergesteinsformationen eingesetzt. Die „Zertrümmerungsarbeit“ erfolgt hier drehend über ein Bohrgestänge auf den Bohrmeißel. Der Transport des Bohrkleins an die Geländeoberfläche erfolgt hier über Wasser oder eine Mischung aus Wasser und Quellton als eine Bohrspülsuspension. I. d. R. wird als Quellton Bentonit eingesetzt.

Der Abstand der Bohrlöcher sollte untereinander > 6,0 m betragen, so dass eine gegenseitige Beeinflussung sehr gering ist und eine Regenerierung im Sommer erfolgen kann. Hieraus resultiert auch der Abstand zum Nachbargrundstück von mindestens 3,0 m, so dass auch hier der Gesamtabstand von 6,0 m (3,0 m + 3,0 m) zweier Sonden auf zwei unterschiedlichen Grundstücken eingehalten werden kann. Aus statischen Gründen ist der Mindestabstand zum Gebäude von 2,0 m einzuhalten.

Es ist zu beachten, dass der Aufwand für die Durchführung der Bohrung sehr oft unterschätzt wird. Hier bedarf es einer nicht unerheblichen Gerätschaft. Häufig wird die ordnungsgemäße Beseitigung der Bohrschlämme vernachlässigt. Vorbildliche Bohrfirmen klären diesen Punkt im Vorfeld mit dem Tiefbauamt und der unteren Wasserbehörde hinsichtlich einer Einleitung in den städtischen Kanal ab.

Das Einhalten des Abstandes von 3,0 m zur Grundstücksgrenze während der Bohrung scheint angesichts des entstehenden Aufwandes als äußerst theoretisch. Hier sollte unbedingt der Nachbar (informativ) mit in das Verfahren eingebunden werden, um sich gegen spätere Streitigkeiten hinsichtlich möglicher Grundstücksschäden abzusichern.

Und bitte so nicht , ...



[Bild 27] Bohrschlammereinleitung in Mulde

... sondern so!



[Bild 28] Bohrfahrzeug mit Auffangbehälter

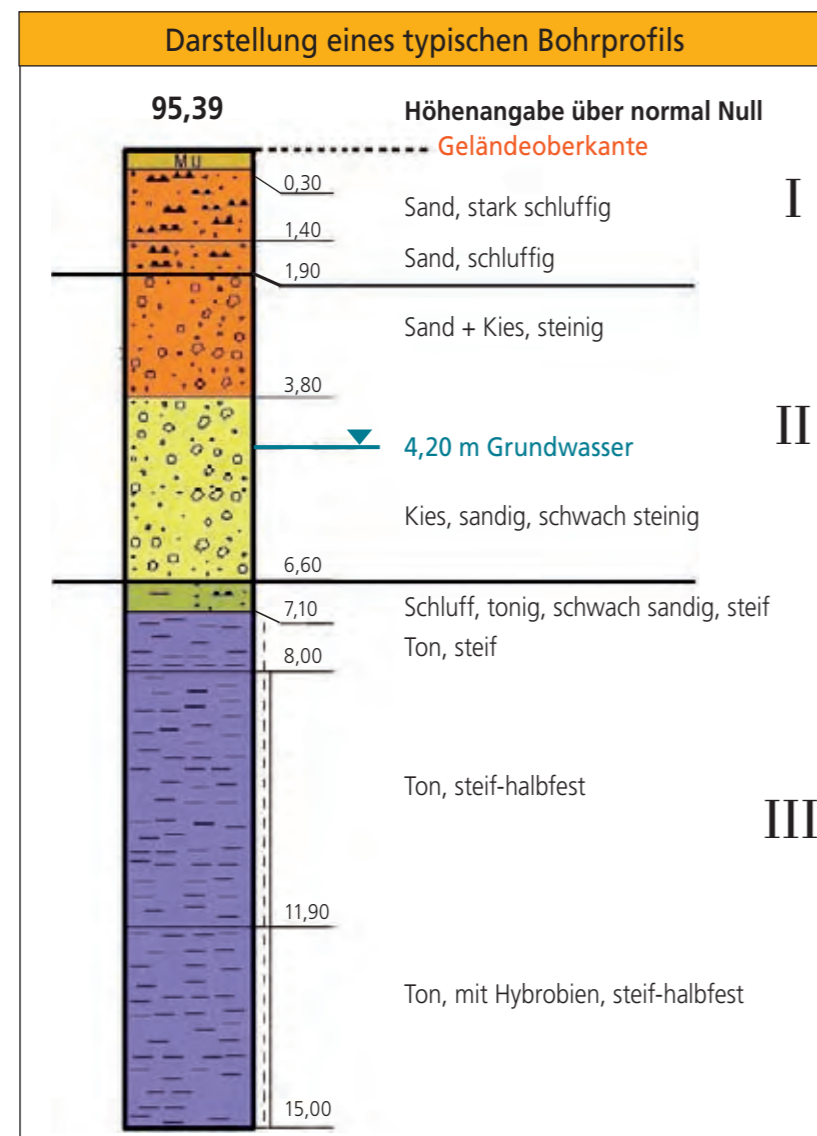
3.3.5 Schichtenverzeichnis-Bohrprofil

Von jeder Bohrung ist ein Schichtenverzeichnis [Bild 29] zu erstellen. Ein Schichtenverzeichnis ist das Protokoll (geologische Aufnahme) der Bodenschichten, die bei einer Bohrung im Untergrund (z. B. Baugrund) angetroffen werden. Die erbohrten Schichten werden mit ihrer Tiefenlage erfasst, benannt und ausführlich beschrieben. Für jede Schicht bzw. Tiefenlage können Angaben enthalten sein über: Boden- bzw. Gesteinsbezeichnung, Zusammensetzung (Lithologie), Gesteinsentstehung (-genese), Mächtigkeit, Farbe, mechanische Eigenschaften, Alter, Wassergehalt, Konsistenz, Kalkgehalt usw. Das Schichtenverzeichnis ist die Grundlage und wesentlicher Teil einer Bohrdokumentation und eines ingenieurgeologischen Bodengutachtens. Inhalt und Form eines Schichtenverzeichnisses sind in der DIN 4022 (Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels) geregelt.

Schichtenverzeichnis		für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernteten Proben		Seite: 1			
Projekt: Dortmund,				Bohrzeit: von: 18.08.2008 bis: 29.09.2008			
Bohrung: EWS 1 bis 6							
1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe i) Kalk- gehalt				

[Bild 29] Beispiel eines Schichtenverzeichnisses

Aus dem Schichtenverzeichnis lässt sich das Profil einer Bohrung abbilden. Ein Bohrprofil ist die graphische Darstellung (z. B. nach DIN 4023) der Schichtenbeschreibung aus einem zuvor aufgenommenen Schichtenverzeichnis (z. B. nach EN ISO 14688/14689 oder DIN 4022). Die Kennzeichnung der einzelnen Boden- bzw. Felsarten erfolgt nach festgelegten Zeichen und Farben (z. B. gelb für Kies). /4/



[Bild 30] Bohrprofil mit Angabe des Grundwasserstandes bei 4,20 m unter Geländeoberkante

3.3.6 Einbau der Erdwärmesonde

Der Einbau bzw. das Einbringen der Erdsonde sollte nur von erfahrenen Bohrfirmen durchgeführt werden. Hierzu sind die folgenden Hinweise und Empfehlungen zu beachten:

- Um das Einbringen der Sonde(n) zu erleichtern, kann die Sonde mit Wasser befüllt werden, darüber hinaus erhält der Sondenfuß ein Gewicht [Bild 32].
- Die Anbindungsleitung zwischen Wärmepumpe und der vertikalen Sonde soll in einer ausreichenden Sandbettung eingebracht werden.
- Sofern das Sondenrohr gebogen werden muss, sollte der Biegeradius zwischen 50 und 80 cm liegen.
- Der Abstand vom Sondenrohr zu Versorgungsleitungen darf 0,7 m nicht unterschreiten.
- Die Anbindungsleitung ist mit einer Steigung von 1–2 % zum Gebäude zu verlegen.
- WICHTIG – die Sondenleitung ist exakt aufzumessen. Das Aufmaß sollte in einen amtlichen Lageplan übertragen werden.
- Sofern Verteiler/Sammler außerhalb des Gebäudes errichtet werden, müssen diese immer zugänglich und wasserdicht sein.
- Die Druckprüfung hat standardgemäß nach VDI 4640 zu erfolgen.



[Bild 31] Sonde und Bohrer



[Bild 32] Sondenfuß mit Gewicht

3.4 Anlagensicherheit

3.4.1 Systembetrachtung

Fragen der Anlagensicherheit sind bei Wärmepumpenanlagen relativ überschaubar. Unterteilt man eine erdgekoppelte Wärmepumpenanlage in Wärmequellsystem und Wärmeaufbereitung, dann ergeben sich faktisch zwei getrennt zu betrachtende Systeme mit folgendem Gefährdungspotenzial in wasseraufsichtlicher Hinsicht:

Wärmepumpe:

Druckabfall durch Leckagen (Undichtigkeiten) – hier schaltet das Pressostat (Druckwächter) die gesamte Anlage aus. Systembedingt tritt Kältemittel nur in dem Maße der Größenordnung des Ausdehnungsgefäßes aus. Tritt Kältemittel aus, so wird es in der Raumluft sehr schnell verdampfen. Gutes Durchlüften des Raumes ist hier mindestens erforderlich. Auf jedem Fall ist die Installationsfirma sofort zu verständigen.

Sondenkreislauf:

Druckabfall durch Leckagen, egal welcher Art, führen dank des Niederdruckpressostats zu einer Abschaltung der gesamten Wärmepumpenanlage. Ein solcher Störfall bleibt also nicht unbemerkt.

Je nach Dimension der Erdsonden ergeben sich unterschiedliche Solemengen:

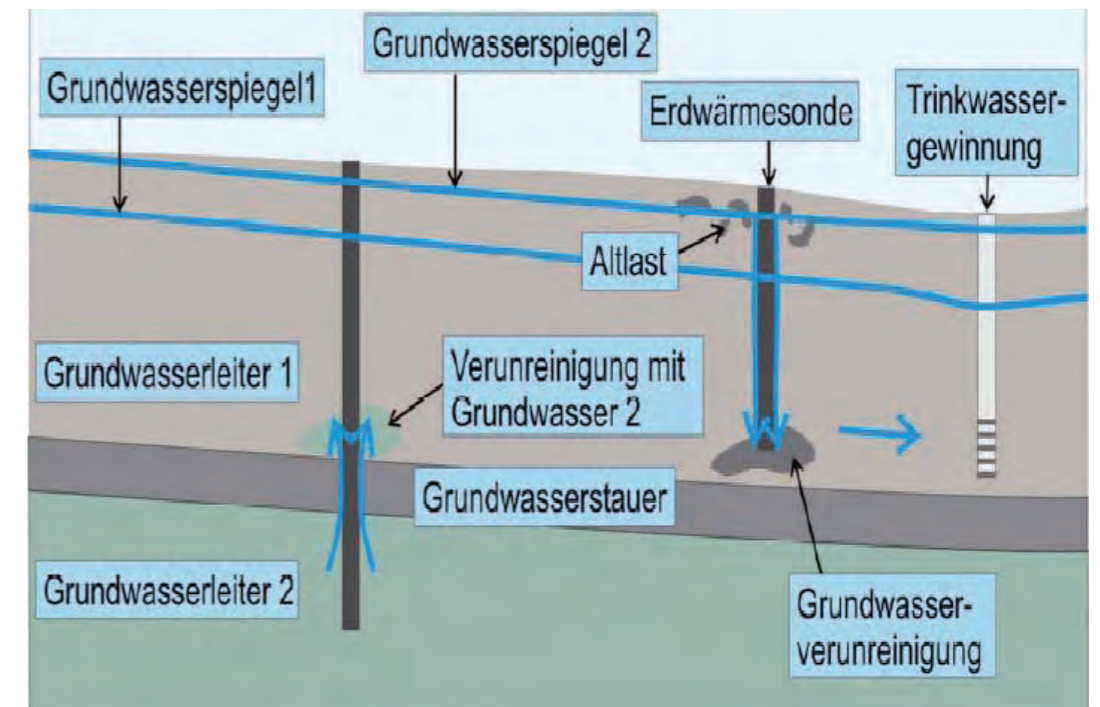
- PE-Rohr DN 32 x 2,9 mm 0,54 Liter Sole pro laufenden Meter Sondenrohr
- PE-Rohr DN 25 x 2,3 mm 0,33 Liter Sole pro laufenden Meter Sondenrohr

Auch in diesem Kreislauf tritt nur das Kältemittel in der Größenordnung des Ausdehnungsgefäßes aus. Betrachtet man das Ausdehnungsgefäß eines Sondenkreislaufs für ein Einfamilienhaus mit einem Wärmebedarf von ca. 14 kW, so ergibt sich eine Solevorlage im Ausdehnungsgefäß von ca. 6 Liter. Diese 6 Liter würden also erst einmal unkontrolliert austreten, zuzüglich des Rohrinhalts oberhalb der Leckage.

Bei dem Kältemittel des Sondenkreislaufs handelt es sich um einen Betriebsstoff der Wassergefährdungsklasse 1. Stoffe dieser Art gelten als schwach wassergefährdend. Trotz des geringen Gefährdungspotenzials der einzelnen Anlage macht ihre steigende Anzahl die wasserbehördliche Überwachung erforderlich.

Die Herstellung einer PE-Rohr-Leitungsverbindung kann als „fast“ unkritisch angesehen werden, da diese nach DVS 2208-1 eine dauerhafte, feste und homogene Verbindung darstellt. Der Werkstoff HD-PE wird im Heizelementverfahren geschweißt, dessen Dichtigkeit durch diverse Druckprüfungen sichergestellt wird. Die Durchführung der Leitungsverlegung und die dazugehörige Druckprüfung wird in der VDI-Richtlinie 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“ genau beschrieben.

3.4.2 Gefährdungspotenzial der Bohrung



[Bild 33] Grundwasserverunreinigung

Während des Bohrvorgangs wird auf der Baustelle mit wassergefährdenden Schmier- und Treibstoffen umgegangen, deren direktes oder indirektes Eindringen in den Untergrund (z. B. durch das Bohrloch) 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 weit in das abströmende Grundwasser gelangen können und damit ggf. die aus diesem Horizont geförderten Wasser beeinträchtigen. Beim Durchteufen unterschiedlicher, voneinander getrennter Grundwasserstockwerke besteht die Gefahr des hydraulischen Kurzschlusses. [Bild 33] zeigt das Gefährdungspotenzial der Bohrungen in den Grundwasserleitern, deren Grundwasser unterschiedliche Spannungszustände und/oder hydrochemische Zusammensetzungen aufweisen. Im Falle von Unzulänglichkeiten der Bohrlochabdichtung verbleibt ein dauerhafter hydraulischer Kurzschluss. So können für gespannte Grundwässer Wegsamkeiten in überlagernde durchlässige Deckschichten geschaffen werden, oder artesisch gespannte Grundwässer können übertätig austreten. Im Falle einer unzugänglichen 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.

3.4.3 Rückbau von Erdsondenanlagen

Bei vorübergehender Stilllegung ist die Wärmeträgerflüssigkeit im System zu belassen. Die Anlage bedarf trotzdem einer wasserrechtlichen Erlaubnis durch die untere Wasserbehörde der Stadt Dortmund. Wird die Anlage endgültig stillgelegt, muss die Wärmeträgerflüssigkeit mit Wasser ausgespült und fachgerecht entsorgt werden. Inwieweit die Anlage zurückgebaut werden muss, entscheidet die untere Wasserbehörde. Der Rückbau ist ihr daher anzuzeigen.

3.5 Anlagenplanung

3.5.1 Auslegung einer Erdsondenanlage

An dieser Stelle soll aufgeführt werden, welche Faktoren für die Auslegung einer erdgekoppelten Wärmepumpe notwendig sind.

1. Schritt

Heizungstyp

Für welchen Heizungstyp soll die Erdsondenanlage ausgelegt werden? Handelt es sich um einen Neubau oder um ein Gebäude im Bestand? Entscheidend hierbei ist das Wärmeverteilsystem im Gebäude. Fußboden-, Wand-, Decken- oder Radiatorenheizung unter Umständen sogar eine Kombination aus Beiden?

Hintergrund: So vielversprechend die Erdsondentechnik ist, stößt sie doch bei der maximal zu erreichenden Vorlauftemperatur an ihre Grenzen. Sie liegt zurzeit bei ca. 65° C. Eine Anlage, die mit einer solchen Vorlauftemperatur fährt, wird zwangsläufig eine sehr niedrige Jahresarbeitszahl erwirtschaften. An diesem Punkt ist in jedem Falle die Heizungsfirma oder ein Ingenieurbüro einzubeziehen. Moderne Fußbodenheizungen arbeiten mit Vorlauftemperaturen von ca. 30° C. Wirtschaftlich arbeiten Wärmepumpen i. d. R. bis ca. 45° C. Mit einer Erdsondenanlage lässt sich so ein Wärmeverteilsystem optimal beheizen – wohingegen Radiatorenheizkörper höhere Vorlauftemperaturen fahren müssen, um die gleiche gewünschte Raumtemperatur zu erhalten. In den letzten Jahren sind die Heizkörpervolumenströme unter Optimierung der Heizflächen immer geringer geworden. Das bedeutet: Kleine Volumenströme = geringere Pumpenleistung = geringere Stromkosten. Möchte man nun eine Erdsondenanlage mit einer konventionellen Radiatorenheizung koppeln, so müssen die Heizflächen im Wesentlichen vergrößert werden. Hier ist folgender Zusammenhang zu beachten: Je geringer die Vorlauftemperatur, um so geringer ist die Energieabgabe pro Liter Heizwasser. Die Folge: Bei tiefen Vorlauftemperaturen muss die doppelte oder dreifache Wassermenge pro Stunde durch das Heizsystem zirkulieren, um den jeweils errechneten Wärmebedarf des Raumes zu decken.

Welche Betriebsweise soll gewählt werden? Mono-/bivalenter Anlagenbetrieb? Monovalent bedeutet, dass hier eine Anlage geplant wird, die für eine ganzjährige Wärmeversorgung des Wohnhauses verantwortlich ist. Es wird keine Zusatzheizung benötigt. Im Gegensatz dazu, wird bei einer bivalenten Anlage die Wärmepumpe für den Normalbetrieb und eine Zusatzheizung für „kritische Zeiten“ (sehr kalter Winter) genutzt. Grundsätzlich ist ein Wohnhaus im Vorfeld hinsichtlich seines Wärmebedarfs unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten zu optimieren. Um sich einen konkreten Überblick der Mittel und Möglichkeiten zu verschaffen, sollte man sich direkt an einen Energieberater wenden. Dieser wird dann nach Prüfung der Gebäudesubstanz einen geeigneten Maßnahmenkatalog zusammenstellen.

2. Schritt

Überprüfung der Standortvoraussetzungen

Es sind die Untergrundverhältnisse hinsichtlich der thermischen Ergiebigkeit zu überprüfen. Ansprechpartner ist in erster Linie der „Geologische Dienst NRW“, erreichbar vorzugsweise im Internet unter www.gd.nrw.de. Diese Institution ermittelt das thermische Wärmepotenzial des Untergrundes ihres Grundstückes. Nach dem Stand der Technik kann bei einer spezifischen Entzugsleistung von 100 kWh/m*a von einer effizienten thermischen Nutzung des Untergrundes ausgegangen werden. Methangasaustritte können während der Bohrung zu Explosionen führen. Hohlräume, die durchbohrt werden, führen u. U. zu statischer Instabilität. In jedem Fall führen sie aber zu einer sehr schlechten Wärmeleitfähigkeit. Darüber hinaus sollten Bohrungen grundsätzlich nur bis in den ersten Grundwasserleiter führen.

Fachinformationen zum Methan

Methan ist ein ungiftiges, farbloses und geruchloses Gas. Es ist leichter als Luft, brennbar und verbrennt mit bläulicher Flamme. In Verbindung mit Luft kann sich bei Methananteilen von 4,4 Vol. % bis 16,5 Vol. % ein explosives Gemisch bilden. Bei der Ansammlung solcher Gemische in Bauwerken sind Sicherheitsprobleme nicht auszuschließen. Zur ersten Risikoabschätzung wurde von der Stadt Dortmund im April 1999 eine Arbeitskarte der potenziellen Methangasaustritte im Stadtgebiet Dortmund vorgelegt. Informationen und Ausführungsempfehlungen für Bauherren und Architekten gibt das „Handbuch Methangas“. Es ist für 25 € im Umweltamt der Stadt Dortmund erhältlich (Stand 2009). /3/

3. Schritt

Wärmebedarf

Der Wärmebedarf des Wohngebäudes muss möglichst genau ermittelt werden. Dies übernimmt i. d. R. die von Ihnen beauftragte Heizungsfirma. Für eine überschlägige Ermittlung können folgende Werte (spezifischer Wärmebedarf) herangezogen werden:

Altbau mit zeitgemäßer Wärmedämmung:	80 W/m ²
Neubau mit guter Wärmedämmung:	50–60 W/m ²
Niedrigenergiehaus:	30 W/m ²

Ein zusätzlicher Leistungsbedarf ergibt sich aus dem Anspruch an Warmwasser, der bei ca. 30–50 Liter/Person und Tag bei 45° C Warmwassertemperatur anzusetzen ist. Daraus errechnet sich eine durchschnittliche Warmwasser-Erwärmung von ca. 0,7 kW für 4 Personen.

Soll die Erdsondenanlage ausschließlich zu Raumheizzwecken genutzt werden, kann ein Betriebsstundenersatz von 1.800 h/a angesetzt werden. Soll zusätzlich der Warmwasserbedarf (Hygiene und Kochen) abgedeckt werden, sind 2.400 Betriebsstunden pro Jahr anzusetzen. Diese Entscheidung ist wichtig, weil sich hieraus die Wärmemenge pro laufenden Sondenmeter berechnen lässt. Dazu wird die o. a. spezifische Entzugsleistung von 100 kWh/m*a durch die in Frage kommenden Betriebsstunden dividiert.

4. Schritt

Sondenlänge

Wurden die grundlegenden Informationen in Schritt 1, 2 und 3 ermittelt, kann daraus die Erdsondenlänge, d. h. die Erdsondentiefe abgeleitet werden. Dazu multipliziert man die Wohnflächen mit dem spezifischen Wärmebedarf, so erhält man den überschlägigen Wärmebedarf bzw. den Transmissions- und Lüftungswärmebedarf des Wohnhauses.

Beispiel einer Sondenlängenbestimmung:

Wohnfläche	A	=	100 m ²
spezifischer Wärmebedarf	q	=	80 W/m ²
Gebäudewärmebedarf	Q _w	=	8 kW
Geothermische Ergiebigkeit vor Ort	q _w	=	55 W/m
Sondenlängenbedarf	1 Bohrung	á	146 m
Aufteilung auf	2 Bohrungen	á	73 m
alternativ	3 Bohrungen	á	50 m

Welche Option ist zu wählen? Die o. a. Ergiebigkeit liegt nicht von der Geländeoberkante bis in beispielsweise 100 m Tiefe in gleicher Größenordnung vor. Sie ist u. a. abhängig von der Gesteinsformation und damit von der Tiefenlage. So kann zwischen 0 und 40 m Tiefe die Ergiebigkeit bei 40 W/m liegen. In tieferen Bereichen liegt die Wärmeleistung bei ca. 50 W/m. Hier muss abgewogen werden, entweder tiefer zu bohren oder die benötigte Wärmeleistung aus mehreren „oberflächennahen“ Bohrungen zu beziehen. Tiefe Bohrungen sind grundsätzlich teurer als oberflächennahe Bohrungen, aber das Umstellen des Bohrgerätes erzeugt ebenfalls Kosten. Hier bedarf es der konkreten Betrachtung durch den Fachplaner.

5. Schritt

Auswahl des Wärmepumpentyps

Sobald die Art der Wärmequelle (Auslegungstemperatur), der Wärmebedarf und die maximale Vorlauftemperatur der Wärmequellenanlage bekannt sind, kann die entsprechende Wärmepumpe anhand der Leistungsdaten des Herstellers gewählt werden. In diesem Zusammenhang wird noch auf eine Besonderheit des Stromanbieters hingewiesen. Eventuell sind im Stadtgebiet Dortmund Sperrzeiten des Stromanbieters zu berücksichtigen, d. h. der Anbieter (z. B. Dortmunder Energie- und Wasserversorgung, DEW21) bietet ein spezielles Sonderabkommen für Wärmepumpenbetreiber an. Dazu wird ein separater Stromzähler installiert, der nur den Strom für den Verdichterbetrieb der Wärmepumpe zählt. Dafür nimmt der Kunde aber auch die vorgenannten Sperrzeiten in Kauf. In diesen Zeitfenstern wird durch den Stromanbieter die Wärmepumpenanlage stromlos geschaltet. Bei kleinen Anlagen sollte geprüft werden, ob sich dieser Aufwand rechnet. Berücksichtigt werden müssen der Installationsaufwand und die jährliche Zählergrundgebühr der DEW21, die gegenwärtig bei 73 € pro Jahr liegt.

3.5.2 Planungstipps & Hinweise

- Eine unabhängige Fachberatung, ohne Zeitdruck, ist absolut wichtig.
- Nur qualifizierte Installationsbetriebe auswählen, dadurch können schon im Vorfeld Fehlplanungen und unnötige Kosten vermieden werden.
- Bohrfirmen müssen nach DVGW Arbeitsblatt W 120 zertifiziert sein (s. o.).
- Nur geprüfte Qualität kaufen. Billig kauft man meist teuer. Nur eine Wärmepumpe mit internationalem Qualitätssiegel kaufen. Dies wird nicht von jedem Wärmepumpenhersteller angestrebt.
- Bei der Angebotserstellung sollte genau die Schnittstelle zwischen SONDENSYSTEM und Wärmepumpe betrachtet werden. Wer bietet welches Gewerk an? Optimal: „Alles aus einer Hand“, nicht zuletzt wegen der Gewährleistung. Wer ist im Schadensfall als Fachfirma Ansprechpartner? Die Heizungsfirma? Die Bohrfirma? Der Architekt? In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass es Herstellerfirmen gibt, die mit Bohrfirmen zusammenarbeiten und auch das unter Punkt 5 aufgeführte wasserrechtliche Erlaubnisverfahren durchführen.
- Sofern der Aufstellungsort der Wärmepumpenanlage im Wohnbereich, z. B. in der Diele liegt, sollte der Geräuschpegel der Wärmepumpe im Betriebszustand beachtet werden. Hier gibt es Unterschiede zwischen den Fabrikaten.
- Ein Wartungsvertrag sollte auf jeden Fall abgeschlossen werden. Eine Erdwärmepumpenanlage ist kein Kühlschranks, der ja schließlich auch nicht gewartet wird. Ein Kühlschrank hat aber auch keinen Sondenkreislauf, der geeignet ist das Grundwasser im Schadensfall nachhaltig zu verändern. Hierzu sind die Garantiebedingungen des Herstellers zu beachten.
- Die DEW21 erhebt bisher keine zusätzlichen Kosten für die Demontage des Gaszählers, sofern eine Energieumstellung von Gas auf Erdwärme erfolgt.

4. Rechtliche Beurteilung

Die Errichtung und der Betrieb einer erdgekoppelten bzw. Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage bedarf einer rechtlichen Bewertung – berührt sind Wasserrecht, Bodenschutzrecht und Bergrecht.

4.1 Wasserrecht

Für die Erschließung und Nutzung von oberflächennaher Erdwärme im Stadtgebiet Dortmund ist die untere Wasserbehörde im Umweltamt der Stadt Dortmund der Ansprechpartner. Je nach den örtlichen Umständen des Einzelfalls und der Art des Vorhabens (Kollektor, Sonde oder Brunnen) ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

Der Entzug von Erdwärme über vertikal in den Untergrund eingebrachte Erdsonden ist nach den Bestimmungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) erlaubnispflichtig. In § 3 Abs. 2 Nr. 2 des WHG in der geltenden Fassung vom 10.05.2007 ist festgelegt, dass Maßnahmen als Gewässerbenutzungen einzustufen sind, wenn diese geeignet sind, dauernd oder in einem nicht unerheblichen Ausmaß, schädliche Veränderungen der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit des Wassers herbeizuführen.

Verunreinigungen des Grundwassers können auch während des Bohrvorgangs, z. B. durch Verwendung von Bohrspülzusätzen und beim Durchteufen von Grundwasserstockwerken auftreten. Insbesondere wenn die trennende Wirkung beim Ausbau nicht wieder hergestellt wird. In Folge dessen kann auch durch die Bohrung ein Gewässerbenutzungstatbestand nach § 3 WHG Abs. 1 Nr. 5 vorliegen.

Durch die Wasser-Wasser-Wärmepumpe wird ebenfalls eine Gewässerbenutzung nach § 3 WHG Abs. Nr. 5 + 6 ausgelöst. Sinngemäß gilt dies auch für oberirdische Gewässer, d. h. bei der Entnahme von Wasser aus einem Bachlauf/Fluss und der entsprechenden Wiedereinleitung.

Durch die Nutzung der Erdwärme bzw. des Grundwassers liegen die Voraussetzungen für eine Prüfung vor. Es ist zu klären, ob die Ordnung des Wasserhaushalts beeinträchtigt wird. In Dortmund muss ein Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis gem. § 7 WHG in Verbindung mit den §§ 2, 3, 5 WHG für die Errichtung und den Betrieb einer erdgekoppelten Wärmepumpe oder einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe gestellt werden.

Eine wasserrechtliche Erlaubnis kann aber auch versagt werden, wenn über Auflagen **nicht** sichergestellt werden kann, dass eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers/Bodens zu vermeiden ist.

4.2 Bodenschutzrecht

Das Bodenschutzrecht ist bei der Nutzung von Erdwärme mit horizontalen in der Bodenzone verlegten Kollektoren tangiert. Bodenschutzrechtliche Anforderungen ergeben sich nur allgemein aus der Vorsorgepflicht in § 7 des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG). Zunächst ist der Schutz von Böden bei strukturellen Eingriffen in den Boden durch Baumaßnahmen zu beachten. Da die Erdwärmekollektoren/Sonden in der Regel unter der durchwurzelbaren Bodenschicht eingebracht werden, sind Beeinträchtigungen von Bodenleben und Pflanzenwachstum weitgehend ausgeschlossen. Daher bestimmen sich die Schutzanforderungen im Hinblick auf Temperaturänderungen und Schadstoffaustritte vorrangig im Hinblick auf das Schutzgut Grundwasser.

Aufgrund der besonderen infrastrukturellen Situation, ist im Dortmunder Stadtgebiet mit Methangasvorkommen sowie mit oberflächennahem Bergbau zu rechnen oder im Bereich von Altstandorten u. U. mit kontaminierten Böden. Eine entsprechende Prüfung erfolgt im Erlaubnisverfahren (Punkt 5).

4.3 Bergrecht

Sofern Erdwärme für den eigenen Bedarf entnommen wird, fällt dies nicht unter das Bundesberggesetz. Ausnahme, es werden Bohrungen tiefer als 100 m abgeteuft. Hier bedarf es gem. § 127 Bundesberggesetz mindestens der Bohranzeige bei der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6/Bergbau und Energie NRW in Dortmund.



[Bild 34] Historisches Bild einer Zeche

5. Erlaubnisverfahren

5.1 Wasserrechtliches Erlaubnisverfahren

Um einen Erlaubnisantrag möglichst zeitnah bearbeiten zu können, sind vollständige Antragsunterlagen einzureichen. Die untere Wasserbehörde hat einen Antragsvordruck entwickelt, in dem die notwendigen Planunterlagen und Nachweise benannt sind. Diesen Vordruck erhalten Sie im Umweltamt und über unsere Homepage www.dortmund.de/umweltamt, Untermenü Downloads.

Die Gebühren für eine wasserrechtliche Erlaubnis belaufen sich gegenwärtig bei Anlagen mit einer Entzugsleistung von bis zu 50 kW auf 250 €.

Bodenkundliche Informationen hinsichtlich der geothermischen Ergiebigkeit erhalten Sie beim Geologischen Dienst in Krefeld. Weitere Informationen bekommen Sie bei der unteren Wasserbehörde (UWB) im Umweltamt (s. Punkt 7.1 – Ansprechpartner und Informationen).

Wie bereits oben angeführt, bedarf es zur Nutzung von Erdwärme der wasserrechtlichen Erlaubnis. Hier nun einige Informationen zum Verfahren:

- Alle Antragsunterlagen sind in dreifacher Ausfertigung vorzulegen, dadurch können zeitgleich andere Fachabteilungen/Institutionen im Rahmen des Erlaubnisverfahrens gehört werden.
- Als Zeitfenster für ein Erlaubnisverfahren sind nach Vorlage vollständiger Unterlagen ca. 4 Wochen anzusetzen.
- Der aktuelle Antragsvordruck kann direkt von der unteren Wasserbehörde bezogen oder von der Homepage des Umweltamtes (s. o.) heruntergeladen werden.
- Die exakte Lage der Bohrpunkte muss zur Antragstellung vorliegen und im Lageplan eingetragen sein.
- Die Abschlussbohrdokumentation ist mit folgenden Inhalten nachzureichen:
 - Schichtenverzeichnis mit Ausbauplan nach DIN 4022 mit Eintragung der Tiefenlage des anstehenden Grundwassers
 - Protokoll der Dichtheitsprüfung gem. VDI Richtlinie 4640
 - Verpressprotokoll über die Ringraumverpressung der einzelnen Sonden

Die wasserrechtliche Erlaubnis muss **vor** Errichtung der Wärmepumpenanlage beantragt werden. **Nach** Herstellung der Bohrlöcher ist die Bohrdokumentation anzufertigen und bei der unteren Wasserbehörde einzureichen.

- Nachdem die gesamte Anlage installiert und in Betrieb genommen wurde, erfolgt eine Abnahme durch einen Vertreter der unteren Wasserbehörde. Im Rahmen dieser Abnahme wird die Anlage bzw. der Sondenkreislauf durch Inaugenscheinnahme auf Dichtigkeit und Funktion überprüft. Diese Abnahme wird in jeder wasserrechtlichen Erlaubnis als Auflage schriftlich fixiert.

Bei den bisherigen Abnahmen wurden folgende Mängel vorgefunden:

- Die Schlauchverbindung zwischen Zapfventil und Befüllungshahn des Sondenkreislaufs wurde nicht demontiert, d. h. der Sondenkreislauf war zwar ordnungsgemäß gegenüber der Umgebung abgesperrt, aber ohne aufgeschraubter Verschlusskappe ist der Befüllungshahn nicht wirklich dauerhaft abgedichtet.
 - Die Sondenleitungen wurden von der Mauerdurchführung zur Wärmepumpe nicht ortsfest montiert.
 - Der Druck im Sondenkreislauf war sehr niedrig.
 - Das Druckmanometer war defekt oder gar nicht vorhanden.
 - Das Überdruckventil des Sondenkreislaufs hatte keine eigene Auffangwanne.
 - Das Überdruckventil wurde nicht installiert. Die Leitung wurde einfach abgestopft.
 - Der Verteilerschacht der Sondenkreisläufe im Außenbereich war nicht einsehbar, weil übererdert oder sogar durch Regen- oder Schichtenwasser eingestaut.
 - Das Ausdehnungsgefäß wurde nicht ortsfest installiert, sondern stand lose auf dem Boden.
 - Die Wärmepumpenanlage wurde nicht installiert.
- Erforderliche Richtlinien und DIN-Normen, zur Abwicklung eines erfolgreichen wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens:
 - VDI Richtlinie Thermische Nutzung des Untergrundes Teil 1 + 2
 - DVGW W 115 Bohrung zur Erkundung, Gewinnung und Beobachtung von Grundwasser
 - DVGW W 116 Verwendung von Spülzusätzen in Bohrspülung bei Bohrarbeiten in Grundwasser
 - DVGW W 120 Qualifikationskriterien für Bohr-/Brunnenbauunternehmen
 - Bohreräteführer gem. DIN 4021
 - Dichtheitsprüfung gem. DIN 4279
 - Wärmepumpen gem. DIN 8901
 - Gründe für eine Versagung der wasserrechtlichen Erlaubnis:
 - Einsatz von Wärmeträgerflüssigkeiten der Wassergefährdungsklasse 2 oder höher
 - Antrag betrifft Grundstücke, die im Bereich von Ver- und Entsorgungsleitungen liegen
 - Antrag betrifft Grundstücke, die Belastungen im Untergrund aufweisen

5.2 Bergrechtliches Verfahren

Sofern absehbar ist, dass die Bohrungen für die Erdsonden tiefer als 100 m abgeteuft werden müssen [Bild 38], liegt die Zuständigkeit bei der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6/Bergbau und Energie NRW in Dortmund. Dann teilt sich das gesamte Erlaubnisverfahren in zwei Einzelverfahren auf. Die Thematik des Bohrens obliegt der bergrechtlichen Betrachtung. Einbau und Betrieb der Erdsonde(n) werden im Rahmen des wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens abgewickelt. Das heißt, der Antragsteller muss sich zeitgleich an das Bergamt und an die untere Wasserbehörde wenden.

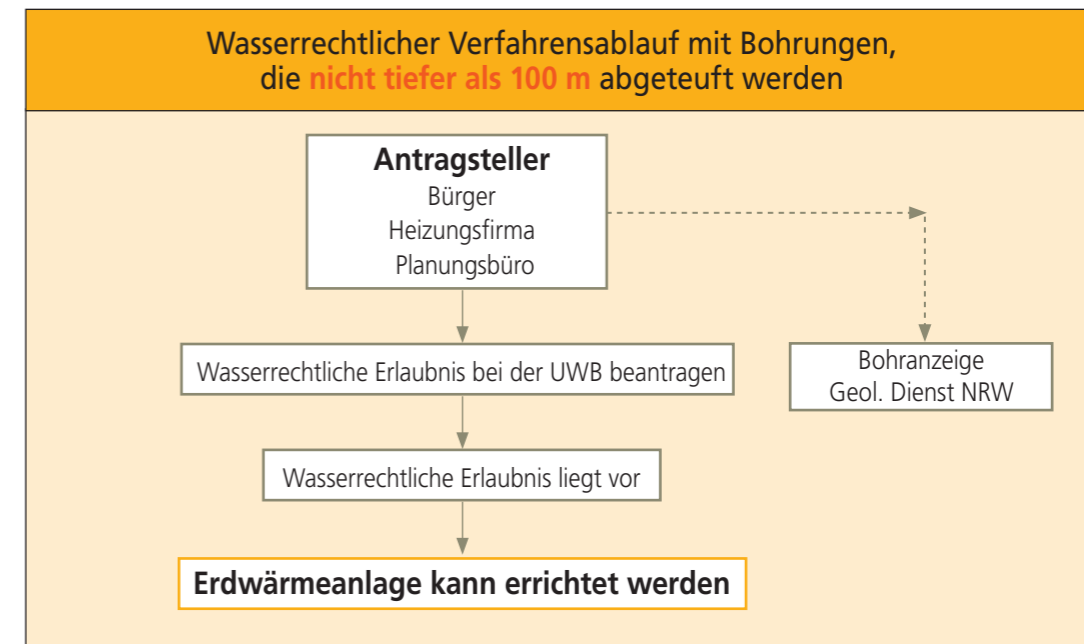
5.3 Anzeigepflicht der Bohrungen

Gemäß § 4 des Lagerstättengesetzes* sind die geplanten Bohrungen dem „Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen“ (GD NRW) zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten anzuzeigen. Die Anzeige hat durch die beauftragte Bohrfirma zu erfolgen. Der GD NRW unterhält eine zentrale Bohrungsdatenbank. Dort sind zur Zeit ca. eine viertel Million Bohrungen abrufbar. Jede neu hinzukommende Bohrung erhöht das Wissen über den geologischen Untergundaufbau von NRW. /6/

* Lagerstättengesetz in der im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 750-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, zuletzt geändert durch Artikel 22 des Gesetzes vom 10. November 2001 (BGBl. I S. 2992)

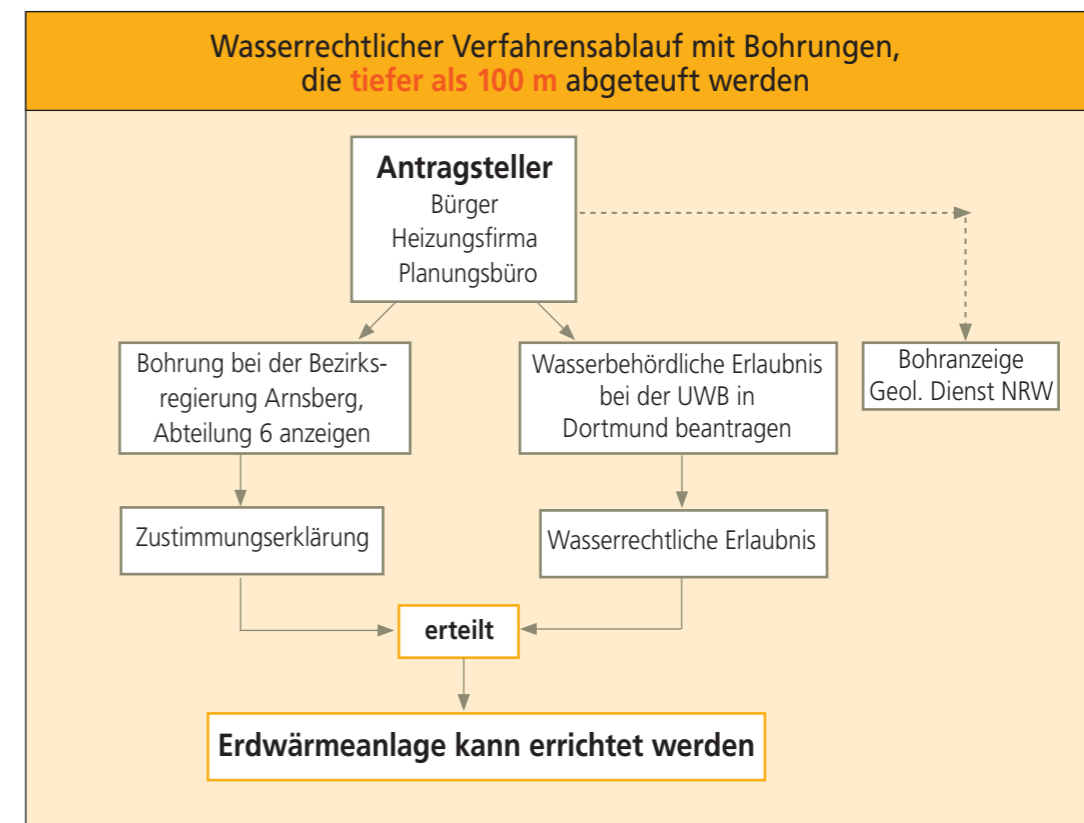
5.4 Ablaufschema des Erlaubnisverfahrens

Wird nicht tiefer als 100 m gebohrt, hat der Bauherr ausschließlich eine wasserrechtliche Erlaubnis bei der unteren Wasserbehörde in Dortmund zu beantragen. Erst wenn diese Erlaubnis vorliegt, darf die Erdsondenanlage errichtet und betrieben werden. Darüber hinaus ist die Bohrung dem Geologischen Dienst NRW anzuzeigen.



[Bild 35]

Soll tiefer als 100 m gebohrt werden, sind parallel zur Beantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis die Belange des Bergrechts zu berücksichtigen. Sofern die Zustimmungserklärung des Bergbaus und die wasserrechtliche Erlaubnis vorliegen, darf mit der Errichtung der Erdwärmanlage begonnen werden.



[Bild 36]

6. Investitionskosten & Fördergelder

6.1 Kostenübersicht

Die folgenden Ausführungen geben einen Überblick über die Investitionskosten einer erdgekoppelten Wärmepumpenanlage. Die hier aufgeführten Kosten beziehen sich ausschließlich auf die Wärmepumpenanlage mit Zubehör, inklusive Wärmeverteilung über eine Fußbodenheizung. Kosten für Wand-, Deckenheizung sowie Radiatorenheizkörper, sind nicht aufgeführt.

Berechnungsgrundlagen /5/

Neubau – Einfamilienhaus mit einer Wohnfläche von	180 m ²
Wärmebedarf (bei ca. 50 W/m ²)	9,0 kW
jährliche Heizstunden inkl. Warmwasseraufbereitung	2.400 h
Aus den vorgenannten Eckdaten resultiert ein Jahresenergiebedarf von	21.600 kWh

So ergeben sich für die Wärmepumpenheizung mit Warmwasseraufbereitung, Steuer- und Regelungstechnik, einschließlich Pufferspeicher und Pumpen folgende Kosten:

Wärmepumpenheizung:

Anlagenkosten	
Wärmepumpensystem	Investitionen
Wasser-Sole	9.000–12.000 €
Wasser-Wasser	9.000–13.000 €
Luft-Wasser	10.000–12.000 €
Erschließungskosten	
Wärmequellensystem	Investitionen
Sondenanlage	650–950 €/kW bzw. 50 €/Sondenmeter
Erdwärmekollektor	250–300 €/kW
Wasser-Wasser	200 €/Brunnen-Meter für 2 Brunnen mit je 15 m Tiefe Achtung: abhängig von der Örtlichkeit
Luft-Wasser	500 €

Der Kostenvergleich zwischen einer Öl-Heizung, Erdgas-Heizung und einer Erdsondenwärmepumpenanlage				
Neubau eines Einfamilienhauses mit einer Wohnfläche von		A = 180 m ²		
Wärmebedarf (50 W/m ²)		Q = 9,0 kW		
Betriebsstunden inklusive Warmwasseraufbereitung		t = 2.400 h		
Jährlicher Energiebedarf auf Basis der o. a. Eckdaten		21.600 kWh		
		Öl	Gas	Erdwärme
Anlagenkosten		12.000 €	9.000 €	17.000 €
Fußbodenheizung		5.500 €	5.400 €	6.000 €
Gesamtanlagenkosten		17.500 €	14.400 €	23.000 €
Betriebskosten				
	Endenergiebedarf	21.600 kWh	21.600 kWh	5.400 kWh mit cop= 4,0
	Spezifische Energiekosten Stand 21.04.2009	5,0 cent/kWh (www.tecson.de)	6,7 cent/kWh DEW21	14,40 cent/kWh DEW21
	Energie p.a.	1.080 €	1.447 €	778 €
	Wartung/Schornsteinfeger/Lieferung	275 €	150 €	120 €
	Zählergebühren	entfällt	130 €	73 €
Jährliche Betriebskosten		1.355 €	1.727 €	971 €

Fördermittel sowie Kapitalbeschaffungskosten wurden nicht berücksichtigt. Die Auswertung der Tabelle zeigt folgendes Ergebnis:

Die Gesamtanlagenkosten einer Wärmepumpe sind zur Zeit wesentlich höher als bei einer Öl- oder Gasheizung, die Betriebskosten dagegen deutlich niedriger. Für die o. a. Wärmepumpenanlage ergeben sich Mehrkosten gegenüber der Ölheizung von 5.500 €. Vergleicht man die Wärmepumpe mit einer Erdgasheizung ergibt sich eine Differenz von 8.600 €. Bei den jährlichen Betriebskosten spart man mit einer Wärmepumpe gegenüber der Ölheizung 384 € und gegenüber der Gasheizung 756 € ein. Demnach amortisiert sich die Wärmepumpenanlage bezüglich der Ölheizung gegenwärtig nach ca. 15 Jahren, bei einer Gasheizung nach ca. 11 Jahren. Diese überschlägige Berechnung berücksichtigt die aktuellen Energiepreise und damit auch die Tatsache, dass der Ölpreis entsprechend gefallen ist. Unter Einbeziehung der individuellen Finanzsituation sowie der Berücksichtigung von Fördergeldern ergeben sich selbstverständlich andere Amortisationszeiten.

Darüber hinaus spricht für die Errichtung einer Wärmepumpenanlage, dass die folgenden Komponenten bei Neubauten wegfallen:

Kamin/Schornstein	3.000–4.000 €
Öltank	1.000–2.000 €
Tankraum	2.100 €
Gashaisanschluss	1.500–4.000 €

6.2 Fördergelder

Bisher erfolgten die Förderungen für eine Wärmepumpen-Heizung auf bundesweiter Ebene über KfW-Programme zur CO₂-Minderung als zinsverbilligte Darlehen.

Neu eingeführt wurde 12/2007 die Förderung des energieeffizienten Einsatzes von Wärmepumpen in Gebäuden – Neubau und Bestand. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht.

WP-System	erforderliche Jahresarbeitszahl β_{min}	Basisförderung €/m ² Wohnfläche	Höchstförderbetrag bei Wohngebäuden > 2 WE und nicht Wohngebäuden	Innovationsförderung +50 bei β_{min}	Kombibonus
Wasser/Wasser W10/W35	Neubau $\beta_{min} \geq 4,0$	10 €	2.000 € pro WE bzw. 10 % der Nettokosten für WP-Anlage	$\beta_{min} \geq 4,7$	750 €/Heizung bei gleichzeitiger Installation einer geförderten thermischen Solaranlage
	Bestand $\beta_{min} \geq 3,7$	20 €	3.000 € pro WE bzw. 15 % der Nettokosten für WP-Anlage	$\beta_{min} \geq 4,5$	
Sole/Wasser BO/W35	Neubau $\beta_{min} \geq 4,0$	10 €	2.000 € pro WE bzw. 10 % der Nettokosten für WP-Anlage	$\beta_{min} \geq 4,7$	
	Bestand $\beta_{min} \geq 3,7$	20 €	3.000 € pro WE bzw. 15 % der Nettokosten für WP-Anlage	$\beta_{min} \geq 4,5$	
Luft/Wasser A2/W35	Neubau $\beta_{min} \geq 3,5$	5 €	850 € pro WE bzw. 8 % der Nettokosten für WP-Anlage	$\beta_{min} \geq 4,7$	
	Bestand $\beta_{min} \geq 3,3$	10 €	1.500 € pro WE bzw. 10 % der Nettokosten für WP-Anlage	$\beta_{min} \geq 4,5$	

[Bild 37]

7. Anhang

7.1 Ansprechpartner und Informationen

Stadt Dortmund – Umweltamt	Untere Wasserbehörde (UWB) Brückstraße 45 44135 Dortmund
technische Sachverhalte:	Thomas Resch (0231) 50-2 60 43 Ingo Hanke (0231) 50-2 56 84
verwaltungstechnische Sachverhalte:	Norbert Brandherm (0231) 50-2 40 77 Barbara Funke (0231) 50-2 60 41
Stadt Dortmund – Tiefbauamt	Abteilung 66/3-1-6 Königswall 14 44135 Dortmund
technische Sachverhalte:	Michael Dulle (0231) 50-2 40 80
verwaltungstechnische Sachverhalte:	Claudia Kneer (0231) 50-2 43 74
Bezirksregierung Arnsberg	Abteilung 6/Bergbau und Energie NRW Goebenstraße 25 44135 Dortmund Telefon: (0231) 54 10-0 Frank Mehlberg (0231) 54 10 39 22
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen	De-Greiff-Straße 195 47803 Krefeld Telefon: (02151) 8 97-0 Fax: (02151) 8 97-5 05 Internet: www.gd.nrw.de E-Mail: poststelle@gd.nrw.de
Ansprechpartner für Geothermie:	Herr Schäfer/Herr Dr. Heuser E-Mail: geothermie@gd.nrw.de

Hinweis:

Über den Geologischen Dienst kann „online“ eine Untergrundbeurteilung hinsichtlich der geothermischen Ergiebigkeit Ihres Grundstückes beantragt werden. Die Kosten für diese Dienstleistung betragen ca. 145 €. Der Zeitaufwand liegt bei ca. 2 Wochen. (Stand Juli 2009)

Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V.	Elisabethstraße 34 80796 München Telefon: (089) 2 71 30 21 Telefax: (089) 2 71 01 56 E-Mail: info@waermepumpe-bwp.de Internet: www.waermepumpe-bwp.de
---	--

Leitfaden Erdwärmesonden herausgegeben vom BWP (s. o.)

Erstellt in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerien für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz und dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie.

7.2 Links

- Geothermische Vereinigung www.geothermie.de
- Bundesverband WärmePumpe www.waermepumpe-bwp.de
- EnergieAgentur NRW www.energieagentur.nrw.de
- Bundesvereinigung der Firmen im Gas- u. Wasserfach www.figawa.de
- Wärmepumpen-Marktplatz-NRW www.waermepumpen-marktplatz-nrw.de
- Vereinigung der deutschen Zentralheizungswirtschaft e. V. www.vdzev.de
- BDH-Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e. V. www.bdh-koeln.de
- Fördermittel www.energiefoerderung.info
www.foerder-data.de
www.waerme-plus.de

7.3 Quellenangaben

- /0/ Die Klimaprämie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- /1/ RWE Handbuch 11. Ausgabe
- /2/ www.energieberatung.ibs-hlk.de
- /3/ Handbuch Methangas Stadt Dortmund Umweltamt
- /4/ Wikipedia
- /5/ www.erdwaermepumpe.de
- /6/ Geologischer Dienst NRW in Krefeld

7.4 Bildnachweise

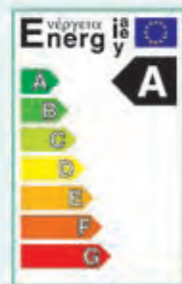
- Bild 1 Statistische Reichweite www.waermepumpe-installation.de
- Bild 2 Energieverteilung in Dortmund Resch – UWB Dortmund
- Bild 3 Energieverteilung im Haushalt Resch – UWB Dortmund
- Bild 4 Aufbau einer Wärmepumpe Resch – UWB Dortmund
- Bild 5 Energiebilanz einer Wärmepumpe Resch – UWB Dortmund
- Bild 6 Wärmequellen einer Wärmepumpe Resch – UWB Dortmund
- Bild 7 Schaltbild einer Luft-Wasser-Wärmepumpe Resch – UWB Dortmund
- Bild 8 Hydraulisches Schaltbild W-W-Wp Resch – UWB Dortmund
- Bild 9 Temperaturverlauf im Erdreich Bundesverband Wärmepumpe
- Bild 10 Skizze Kollektor Bundesverband Wärmepumpe
- Bild 11 Skizze Sonde Bundesverband Wärmepumpe
- Bild 12 Foto Sondenrohr – aufgerollt Resch – UWB Dortmund
- Bild 13 Foto Sondenrohr – hängend Resch – UWB Dortmund
- Bild 14 Foto Sondenfuß mit Schraubvorrichtung Resch – UWB Dortmund
- Bild 15 Sondenrohr auf LKW bei Anlieferung Resch – UWB Dortmund
- Bild 16 Eingesetzte Sondenarten www.bohr-tec.de
- Bild 17 Prinzipskizze der eingebauten Sonde www.architektur.tu-darmstadt.de
- Bild 18 Gebräuchliche Sondentypen Resch – UWB Dortmund
- Bild 19 Prinzipskizze der Stoffkreisläufe Resch – UWB Dortmund
- Bild 20 Gesamtsystem Erdgekoppelte Wp-Anlage Resch – UWB Dortmund
- Bild 21 Foto Gebinde Tyfocor www.yatego.com
- Bild 22 Übersichtstabelle – Wärmeträgerflüssigkeit Bezirksregierung Arnsberg
- Bild 23 Ausdehnungsgefäß www.zentralheizung.de
- Bild 24 Geothermische Karte Geologischer Dienst Krefeld
- Bild 25 Bohrfahrzeug während einer Bohrung Resch – UWB Dortmund
- Bild 26 Bohrfahrzeug am Neubau Resch – UWB Dortmund
- Bild 27 Bohrschlammmulde Resch – UWB Dortmund
- Bild 28 Bohrschlammcontainer Resch – UWB Dortmund
- Bild 29 Schichtenverzeichnis Resch – UWB Dortmund
- Bild 30 Bohrprofil Diplomarbeit Torsten Hartlaub
- Bild 31 Sonde und Bohrer Resch – UWB Dortmund
- Bild 32 Sondenfuß und Gewicht Resch – UWB Dortmund
- Bild 33 Grundwasserverunreinigung Resch – UWB Dortmund
- Bild 34 Historisches Bild einer Zeche Resch – UWB Dortmund
- Bild 35 Verfahrensschema Erlaubnisverfahren < 100 m Resch – UWB Dortmund
- Bild 36 Verfahrensschema Erlaubnisverfahren > 100 m Resch – UWB Dortmund
- Bild 37 Tabelle Fördergelder energieberatung.ibs-hlk.de

Einsame Spitze. Doppelte Auszeichnung.



2

1



3

Hocheffizienzpumpen Wilo-Stratos ECO und Wilo-Stratos.

Die Hocheffizienzpumpen von Wilo überzeugen mit Stromeinsparungen bis zu 80% im Vergleich zu unregulierten Heizpumpen. Dafür wurden sie jetzt ausgezeichnet: die Wilo-Stratos ECO von der Stiftung Warentest mit einem „sehr gut“ und die Wilo-Stratos 25/1-6 mit dem „Energy+ Award 2008“. Dieser Preis ist Bestandteil des EU-Projekts „Energy+ Pumps“, das hoch energieeffiziente Umwälzpumpen zum europäischen Standard machen will und für besonders energieeffiziente Pumpentechnik verliehen wird.

Beeindruckend? Wir nennen das Pumpen Intelligenz.



www.wilo.de

ANGER



H. Anger's Söhne
Bohr- und Brunnenbau-
gesellschaft mbH

Gutenbergstraße 33
37235 Hess. Lichtenau
Tel: 05602/93 30-0

www.angers-soehne.com
info@angers-soehne.de



8 gute Gründe für Erdwärme:

- Strom und Wärme
- CO₂ - frei
- Zeitunabhängig
- Unerschöpflich
- Umweltfreundlich
- Wenig Platzbedarf
- Einheimische
Energiequelle
- Innovationsimpuls

Sprechen Sie mit unserem
Herrn Warneke, 59179 Kamen
Tel: 02307/923241



Erdwärmesondenbohrung Einfamilienhaus

ERDWÄRME21

Intelligent heizen...

...mit regenerativer Energie? Wir haben die Kompetenz für Ihr Komplettsystem!

Unser Leistungsspektrum

Nach einer ausführlichen Beratung erfolgt die Planung, zu der die Heizlastberechnung, die Erkundung des Untergrunds, die Auslegung der Erdwärmesonde(n) und die Amortisationsberechnung gehören. Die wesentlichen Schritte in der Ausführung umfassen die Antragsstellung bei den zuständigen Behörden und die Durchführung der Innen- und Außenarbeiten, unter Anwesenheit des Fachbauleiters.

ERDWÄRME21 GmbH
Im Wullen 61
58453 Witten a. d. Ruhr
Telefon: 02302/964832
Telefax: 02302/964833
Mobil: 0177/6233921
Internet: www.erdwaerme21.de
eMail: info@erdwaerme21.de

Vorteile und Nutzen

- „Alles aus einer Hand“
- Kundenorientierte und kundenfreundliche Dienstleistungen.
- Beratung in ökologischen / ökonomischen Aspekten (Energieberatung, Amortisationsberechnungen, Förderungen).
- Ausführliche Beratung und Aufnahme der Bestandsdaten.
- Die eingesetzten Maschinen, Materialien und Verfahren entsprechen dem neuesten Stand der Technik bei höchster Qualität.
- Termingerechte Inbetriebnahme und Abnahme des Komplettsystems.
- Erstellung einer Dokumentation in Form von Berechnungen, Layout-Zeichnungen, Anlagenbeschreibungen, Datenblättern, die im Anschluss als Projektmappe zusammengefasst beim Kunden verbleibt.
- Kundendienst



RICHTER HAUSTECHNIK



Beratung • Planung • Ausführung

Sanitär, Heizung, Lüftung, Klima

Ingenieure und Meister planen

- Moderne Zentralheizungen
 - Regenwassernutzungsanlagen
 - Bad Konzepte und CAD Entwürfe
- Wir koordinieren alle Gewerke.

84 Jahre

Rüschebrinkstraße 9-11 · 44143 Dortmund
Tel.: 02 31 / 28 65 86-0 · info@richter-haustechnik.de

Wir sind ein Ingenieurbüro für technische Gebäudeausrüstung und bieten eine unabhängige Beratung und wirtschaftliche Planung, um technisch Mögliches mit wirtschaftlich Vernünftigem zu verwirklichen.

Unsere Dienstleistungen umfassen sowohl Einzelkomponenten als auch Komplettangebote für die Planung, Ausschreibung, Bauvorbereitung und Bauüberwachung der Gewerke Heizungs-, Sanitär-, Raumluft- und Elektrotechnik.

Seit über 15 Jahren beschäftigt sich unser Büro mit geothermischen Planungen mit schon über 1.500 Geothermie-Projekten. Hierbei wird Erdwärme aus Tiefen bis 3.000 m aus der Erde entnommen. Aus ökologischer Sicht wird fast kein fossiler Brennstoff mehr benötigt und somit umweltschonend Wärme gewonnen.

Die Planung und Bauleitung der Baugebiete „Rittershofer Straße“ in Dortmund-Mengede mit 150 Wärmepumpenanlagen sowie „Fürstenhof“ in Werne - das größte Baugebiet Europas mit 250 Wärmepumpen und Erdsonden - zeigen unsere Erfahrung und Kompetenz.

Unsere Leistungen

Wärme- und Kälteerzeugung aus Erdwärme mittels Wärmepumpe für

- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Wohn- und Geschäftshäuser
- Einkaufszentren
- Schulen
- Seniorenwohnanlagen usw.

Wärmegewinnung aus Erdwärme mittels Tiefenbohrung für

- Sport- und Freizeitbäder
- Gewächshausanlagen

Beratung, Planung und Bauleitung für

- Geothermische Wärmepumpenanlagen zum Heizen und Kühlen
- Geothermische Tiefenbohrungen
- Energieberatung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen
- Machbarkeitsstudien

Sie erhalten komplette Lösungen aus einer Hand – sprechen Sie uns an!

Dipl.-Ing. Ulrich Müller
INGENIEURBÜRO für technische Gebäudeausrüstung
Adenauerstraße 8 * 59759 Arnsberg

Telefon: 02932 9664-0
E-Mail: info@mueller-arnsberg.de
www.mueller-arnsberg.de

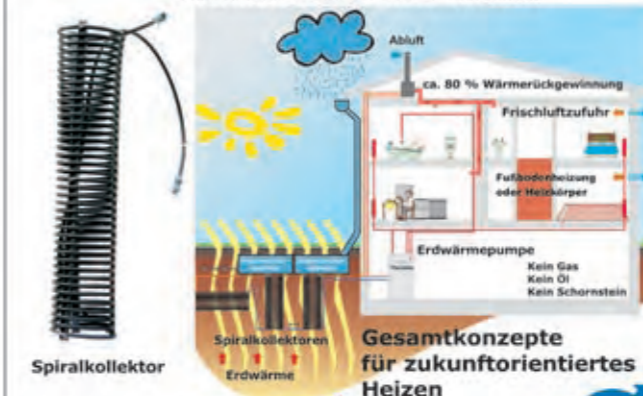
Wächter Ihrer Wärme
24 Std. Notdienst

Klaus Misselwitz

Heizungs- und Sanitärbau • Erbpachtstraße 29 • 44287 Dortmund
Telefon 0231 - 45 55 66 • Fax 0231 - 45 94 71 • E-Mail: info@misselwitz-heiztechnik.de

www.misselwitz-heiztechnik.de

Wärme aus der Natur



Gesamtkonzepte für zukunftsorientiertes Heizen

Thermia Wärmepumpen

IWS GmbH
Intelligente WärmeSysteme
...alles aus einer Hand!

Wernerstr. 25
D-29227 Celle
Telefon: 0 51 41 - 48 55 68
Telefax: 0 51 41 - 48 55 69
Email: info@iws-waerme.de
Internet: www.iws-waerme.de

- Erd-, Luft- und Wasserwärmepumpen bis 1000 kW
- Wärmepumpen mit integrierter passiver Kühlfunktion
- Eigenes Spiralkollektorsystem mit Fachverlegung
- Regenwasserversickerung im Kollektorbereich
- Eigenes Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung
- Gebläsekonvektoren zum Heizen und Kühlen
- Speichersysteme auch für Kombination mit Solar

Herausgeber

Stadt Dortmund, Umweltamt

Redaktion:

Dr. Wilhelm Grote (verantwortlich), Dipl.-Ing. Thomas Resch

Kommunikationskonzept, Satz, Produktion, Druck:

Dortmund-Agentur – September 2009

