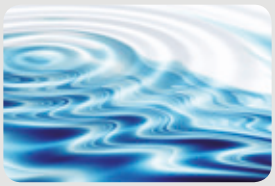
Leitfaden Erdwärme

Informationen und Tipps für Einsteiger

Energie aus

Erde



Wasser

Luft

bwp Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Vorwort

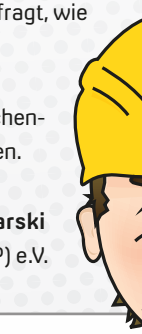
Das Heizen mit Wärmepumpe ist auf dem Vormarsch. Allerdings fehlt häufig noch das Verständnis für die vielen Vorteile und die technischen und praktischen Hintergründe dieser umweltfreundlichen und sparsamen Heiztechnologie. Ich bin sicher, dass sich immer mehr Menschen für eine Wärmepumpe entscheiden, wenn sie erst einmal mehr darüber wissen.

Mit einer Wärmepumpe bezieht man den Löwenanteil der benötigten Energie kostenlos aus der Umwelt. Dafür nutzt man bei erdgekoppelten Wärmepumpen das Erdreich als regenerative Wärmequelle, die man in der Regel mit Erdwärmesonden, Flächenkollektoren oder Brunnen „anzapft". Diese Art der Erdwärmenutzung mit einer Wärmepumpe bezeichnet man als oberflächennahe Geothermie. Diese ist – anders als die tiefe Geothermie, die nur über Großprojekte erschlossen werden kann – für jedermann einfach umsetzbar, kostengünstig und wirtschaftlich.

Baut oder saniert man ein Haus, stehen viele Entscheidungen an. Da bekommt die Frage nach der Beheizung oft nicht die nötige Aufmerksamkeit. Das muss sich ändern, denn eine sorgfältig ausgewählte und auf die individuellen Bedürfnisse abgestimmte Heizung versorgt das Haus über viele Jahre wirtschaftlich mit Wohlfühlwärme. Außerdem kann sie – anders als hübsche Details wie schöne Wasserhähne und Türklinken – nicht einfach später nachgerüstet werden. Mit der Entscheidung für eine Heizung legen Sie sich in der Regel für die nächsten 20 bis 30 Jahre fest. Hier sind zukunftsfähige Lösungen gefragt, wie der Trend zu erneuerbaren Energien im Wärmemarkt zeigt.

Mit dieser Broschüre wollen wir Wärmepumpen-Interessenten ein Grundverständnis der oberflächennahen Geothermie vermitteln und bei der Wahl der auch langfristig richtigen Heizung unterstützen.

Karl-Heinz Stawiarski
Geschäftsführer Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.



Inhaltsverzeichnis

Erdwärme – sicher & etabliert 3
Wie funktioniert Erdwärme? 4
Effizienz & Optimierung 5
Systemüberblick 6
Erdwärmesonden 8
Heizen & Kühlen 10
Qualitätsstandards 11
Kosten & Förderung 12
Fachgerechte Planung 14
Genehmigungen & Anzeigen 16
Zertifizierungen 18
Versicherung 19
Checkliste 20
Zahlen & Fakten 22

Verbreitung von Erdwärmeanlagen in Deutschland

Erdwärme – sicher und etabliert

| Bewährte, einfache Technologie
über 240.000 installierte Geothermie-Anlagen in Deutschland (Stand 31.12.2010)

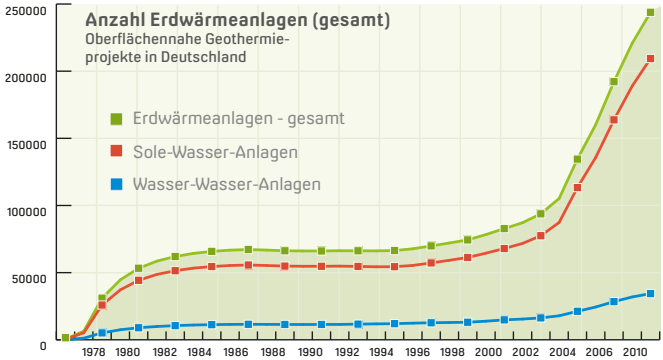
| Geringer Platzbedarf
unproblematische Installation selbst bei kleinen Grundstücken

| Hohe Lebensdauer, keine Wartung
langlebige und robuste Anlagen, die keinerlei Wartung benötigen

| Reduzierte Betriebskosten
hohe Kosteneinsparung und weniger Abhängigkeit von schwankenden Energiepreisen

| Reduzierung der CO_2-Emmisionen
bis zu 50 % CO_2-Einsparung

Die Nutzung von Erdwärme zum Heizen und zur Brauchwasserbereitung ist eine in Deutschland seit Jahren etablierte Technologie. Dabei wird das natürliche Temperaturniveau des Untergrundes genutzt, um mit Hilfe einer Wärmepumpe auf das Niveau des Heizsystems angehoben zu werden. Zum Antrieb der Wärmepumpe wird elektrischer Strom benötigt, der jedoch nur einen Bruchteil der erzeugten Wärmeenergie ausmacht.



Quelle. BWP-Branchenstudie 2011

Bei den geothermischen Nutzungen unterscheiden wir offene Systeme (Brunnenanlagen) und geschlossene Systeme (Erdreichkollektoren und Erdwärmesonden). Die Erdwärmesonden stellen dabei in Deutschland das mit Abstand verbreitetste System dar.

Darüber hinaus kann mit den existierenden Erdwärmesonden ohne wesentliche Zusatzinvestitionen auch gekühlt werden – ein starkes Argument zum Einsatz bei Büro- und Gewerbeimmobilien.

erdwärmeLIGA deutschland

Deutschland auf dem Erdwärme-Prüfstand – auf der Website erdwärmeLIGA (www.erdwaermeliga.de) finden Sie viele **weitere Statistiken und Projektbeispiele** zur Nutzung oberflächennaher Geothermie in Deutschland.

www.erdwaermeliga.de

Funktionsweise und Effizienz von Wärmepumpen

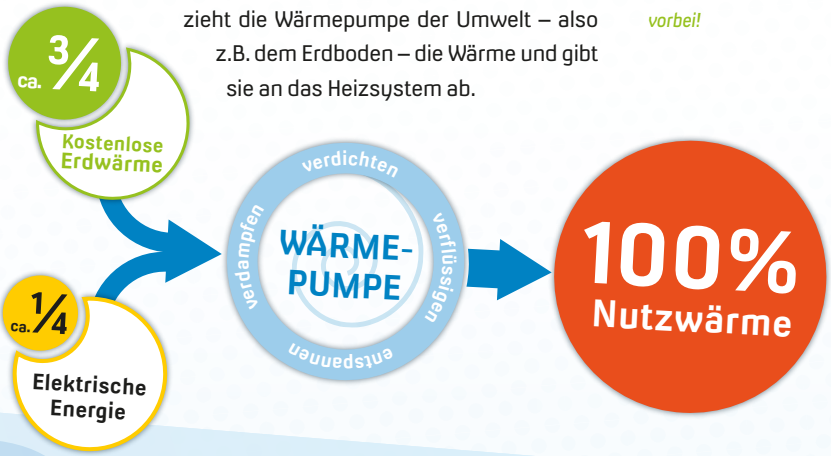
Wie funktioniert Erdwärme?

Eine Wärmepumpe kann natürlich nicht nur zum **Heizen**, sondern auch zur **Warmwasserbereitung** und sogar zur **Kühlung** verwendet werden.

Ihre Funktionsweise kann am besten mit der eines Kühlschranks verglichen werden. Während dieser den Lebensmitteln die Wärme entzieht und ungenutzt in den Raum abgibt, entzieht die Wärmepumpe der Umwelt – also z.B. dem Erdboden – die Wärme und gibt sie an das Heizsystem ab.

| Weitere Informationen

Wenn Sie weitere allgemeine Fragen zu Wärmepumpen und deren Technik haben, schauen Sie doch einfach mal beim Bundesverband Wärmepumpe (BWP) unter www.waermepumpe.de vorbei!



Wie groß und laut ist eine Wärmepumpe?

Eine Wärmepumpe ist nicht größer als ein konventioneller Kessel und wird in der Regel im Haustechnikraum oder Keller aufgestellt, so dass Betriebsgeräusche, die sich auf dem Pegel eines Kühlschranks bewegen, kaum wahrnehmbar sind.

Kann ich Erdwärme auch in meinem bestehenden Haus nutzen?

Ja. Zu beachten sind jedoch einige haustechnische Randbedingungen, damit die Wärmepumpe effizient arbeiten kann. Gegebenenfalls sind zunächst Dämmmaßnahmen bzw. eine Heizungsmodernisierung sinnvoll, um den Energiebedarf des Gebäudes zu reduzieren und das bestehende Heizsystem mit niedrigeren Vorlauftemperaturen betreiben zu können.

Ab wann ist eine Wärmepumpe ökologisch?

Das hängt im Wesentlichen vom Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Strommix ab, der zum Antrieb verwendet wird. Der CO_2-Ausstoß ist ab einer Jahresarbeitszahl von 2,0 geringer als bei einer herkömmlichen Heizung mit fossilen Brennstoffen wie Öl und Gas. Tendenziell wird ihre Wärmepumpe immer ökologischer, weil der deutsche Strommix immer mehr auf erneuerbare Energien setzt.

Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe

Effizienz & Optimierung

| Hohe Jahresarbeitszahlen

Erdgekoppelte Wärmepumpen (Erdwärme) erreichen im Schnitt die höchsten Jahresarbeitszahlen – d.h., geringere Betriebskosten bei gleicher Heizleistung.

Die Effizienz einer Wärmepumpe wird mit der so genannten **„Jahresarbeitszahl"** ausgedrückt. Diese ergibt sich aus der zur Erzeugung einer bestimmten Wärmeleistung benötigten elektrischen Antriebsenergie. Eine typische Jahresarbeitszahl für erdgekoppelte Wärmepumpen liegt bei 4, d.h., mit 1 kWh elektrischem Strom zum Antrieb der Wärmepumpe werden 4 kWh nutzbare Wärme erzeugt. **Je höher die Arbeitszahl, umso weniger Betriebskosten hat der Nutzer.**

| Keine Angst vor tiefen Sonden

Ermöglichen es die regionalen Gegebenheiten, ist die Errichtung von wenigen tieferen Erdwärmesonden (> 100 m) gegenüber mehreren kürzeren Sonden vorzuziehen, da bei größeren Tiefen eine höhere Temperatur aus dem Erdreich zur Verfügung steht.

Es gibt verschiedene Einflussfaktoren auf die Jahresarbeitszahl. Die wichtigste ist die Differenz zwischen der Quelle (dem Erdreich) und dem Heizsystem. Je geringer also dieser Temperaturunterschied ist, den die Wärmepumpe „ausgleichen" muss, umso höher ist auch die Jahresarbeitszahl. Einerseits kann dies erreicht werden, indem die **Quellentemperatur möglichst hoch** gehalten wird, z.B. durch tiefere Bohrungen oder geringere Abkühlung des Untergrundes. Auf der anderen Seite, beim **Heizsystem**, sollte die **Temperatur möglichst niedrig** sein – typisch für Flächenheizsysteme (Fußboden- oder Wandheizungen) sind Temperaturen bis 35 °C. Dies bedeutet nicht, dass eine geothermische Nutzung prinzipiell ausgeschlossen ist, falls diese Randbedingungen nicht gegeben sind – es bedeutet lediglich, dass die Wärmepumpe weniger effizient arbeiten wird.

| Fachplanung für hohe Effizienz

Durch eine fachgerechte Planung lässt sich eine hohe Effizienz und eine damit verbundene Kostenersparnis erzielen.

Wichtig für die Effizienz des Gesamtsystems ist das **Zusammenspiel aller Komponenten** (Erschließung des Untergrundes, optimale Haustechnik, geringe Temperaturdifferenz). Eine hohe Effizienz kann also nur durch **sorgfältige Fachplanung und Installation** erzielt werden.

Zwei mehrjährige Feldtests des Fraunhofer Instituts für solare Energiesysteme ISE in Freiburg an ca. 200 Wärmepumpen (Neubau- wie auch Sanierungsobjekte) haben gezeigt, dass bei sorgfältiger Planung und Installation durchaus Jahresarbeitszahlen von über 4 erzielt werden. Dabei schneiden die erdgekoppelten Wärmepumpen am besten ab. Die Ergebnisse sind unter http://wp-effizienz.ise.fraunhofer.de und http://www.wp-im-gebaeudebestand.de veröffentlicht.

Arten der Erdwärmenutzung

Systemüberblick

Bei der Nutzung von Erdwärme bedient man sich des **natürlichen Temperaturniveaus** im Untergrund. Dieses liegt abhängig von den klimatischen und geologischen Verhältnissen bei etwa 10°C. Betrachtet man die Temperaturverteilung über die Tiefe, so wird deutlich, dass in den **oberen Metern eine saisonale Beeinflussung** zu beobachten ist, die mit zunehmender Tiefe nachlässt.

Bei der Nutzung von Erdwärme wird prinzipiell in **geschlossene und offene Systeme** unterschieden.

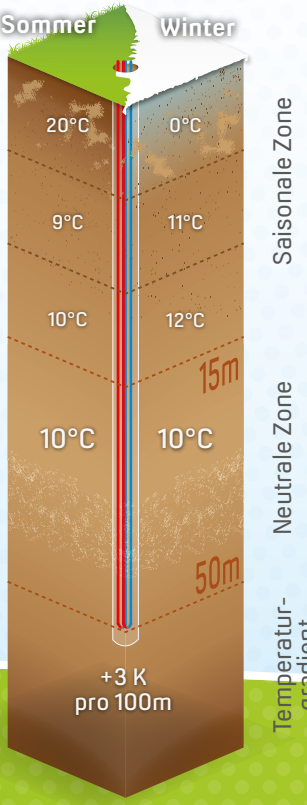
Bei den **geschlossenen Systemen** zirkuliert ein Fluid in horizontal oder vertikal verlegten Rohrleitungen und die Wärmepumpe entzieht diesem Transportmedium die Wärme. Man unterscheidet in **Erdwärmekollektoren**, die horizontal verlegt werden und nicht überbaut werden dürfen und in **Erdwärmesonden**, die senkrecht in Bohrlöcher mit einer Tiefe von 100 bis 200 m installiert werden.

Betrachtet man die dargestellte Temperaturverteilung, wird klar, dass Erdwärmesonden mit Tiefen bis 200 m weniger von saisonalen Temperaturschwankungen abhängig sind, als Kollektoren, deren „Speisung" im Wesentlichen über Sonne und Regen erfolgt. Dies wiederum hat Auswirkungen auf die Effizienz der Wärmepumpe, da während der Heizperiode im Winter der zu erbringende Temperaturhub höher ist.

Offene Systeme nutzen die thermische Energie des Grundwassers, das über einen Förderbrunnen gehoben und zur Wärmepumpe geleitet wird. Dort wird dem Wasser Wärme entzogen und anschließend wird das kühlere Wasser über einen Injektionsbrunnen wieder in den Untergrund eingeleitet.

| Wärmeleitung im Erdinneren

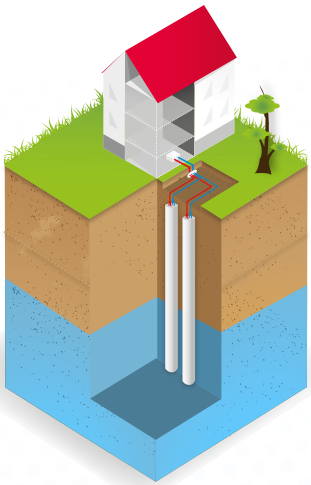
Wird dem Untergrund Wärme entzogen, sorgen Prozesse der Konvektion (Wärmetransport über das fließende Grundwasser) und Konduktion (Wärmetransport vom wärmeren zum kälteren Gestein in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit) für „Nachschub" aus der natürlichen Wärmeproduktion.



Erdwärmesonden

Erdwärmesonden gehören zu den geschlossenen Systemen und werden über Bohrungen senkrecht in den Untergrund gebracht. In den Sonden zirkuliert ein Wasser-Sole-Gemisch, das dem Boden Wärme entzieht. Die Tiefe der Bohrungen hängt entscheidend von den vorliegenden Gesteinseigenschaften und dem Grundwasserfluss ab. Da das Umfeld der Sonden abgekühlt wird, sind Mindestabstände zwischen den Sonden zu beachten. So werden eine gegenseitige Beeinflussung vermieden und die optimale Funktionsfähigkeit garantiert.

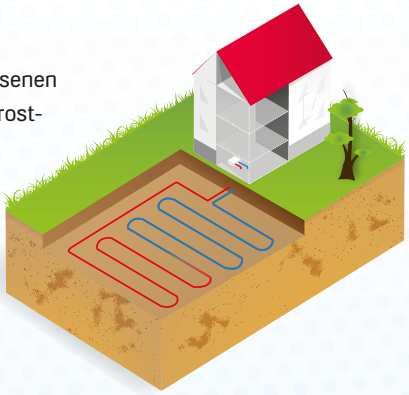
Orientierungsgröße: 25 – 90 W/m



Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren gehören ebenfalls zu den geschlossenen Systemen. Sie werden horizontal ca. 120 – 150 cm tief (frostsicher) verlegt. Die benötigte Kollektorfläche hängt im Wesentlichen von der Regenwasserdurchlässigkeit des Bodens ab. Kollektoren stellen eine kostengünstige Alternative dar, falls Sonden nicht oder mit hohen Auflagen bewilligt werden. Ein Nachteil ist der hohe Platzbedarf. Die Flächen dürfen zudem nicht überbaut werden.

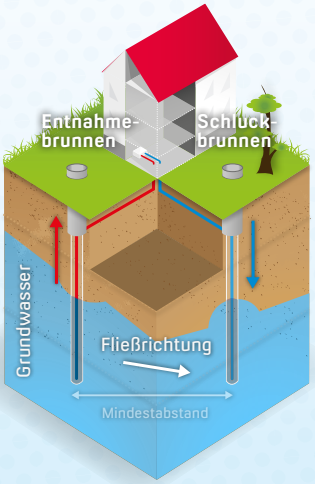
Orientierungsgröße: 8 – 40 W/m²



Brunnenanlagen

Brunnenanlagen sind effizient, erfordern jedoch einen hohen Planungs- und Erkundungsaufwand, da für den Bau Kenntnisse der hydrogeologischen und hydrochemischen Verhältnisse vor Ort entscheidend sind. Über die Jahre unterliegen die Anlagen einer gewissen Alterung, insofern sind sie nicht wartungsfrei und müssen in regelmäßigen Abständen überwacht werden. Wichtig ist die Beachtung des Abstandes zwischen Entnahme- und Schluckbrunnen sowie die Anordnung von Entnahme- und Schluckbrunnen in Fließrichtung des Grundwassers.

Orientierungsgröße: 0,25 m³/h pro kW



Material, Zeitdauer, Verfahren

Erdwärme mit Sonden

Die in Deutschland am weitesten verbreitete Technik zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie sind **Erdwärmesonden**. Dabei werden Gesteinsbohrungen in den Untergrund niedergebracht. In das Bohrloch werden anschließend Rohre aus Polyethylen (HD-PE) eingebaut. Üblicherweise erfolgt dies in zwei getrennten Kreisläufen – **„Doppel-U-Sonde"** –, die am Sondenkopf über Hosenstücke in zwei Strängen zusammengefasst werden. Zum leichteren Einbau des Rohres und zur Vermeidung von Beschädigungen werden die werkseitig vorkonfektionierten Sondenbündel von einer Haspel ins Bohrloch abgerollt.

In den Sondenrohren zirkuliert ein **Wasser-Glykol-Gemisch** – die so genannte Sole. Dieses Gemisch transportiert die geothermische Energie aus dem Untergrund zur Wärmepumpe. Die Anlage kann in Sonderfällen (z.B. in Wasserschutzgebieten) auch mit reinem Wasser betrieben werden. Muss auf Glykol verzichtet werden, so sind aufgrund der begrenzten Entzugstemperatur (Gefahr der Eisbildung und Beschädigung der Anlage) mehr Bohrmeter und höhere Kosten in Kauf zu nehmen.

Um eine **thermisch optimale Anbindung** der Sondenrohre an das Gestein zu ermöglichen, wird in das Bohrloch ein noch **flüssiger Verfüllbaustoff** eingebracht. Zur Vermeidung von Luft- und Wassereinschlüssen muss dies immer von unten nach oben erfolgen – im Kontraktorverfahren. Verbesserte Materialeigenschaften, wie eine hohe Wärmeleitfähigkeit bewirken einen **besseren Wärmetransport** und damit eine höhere Effizienz der Anlage.

Bei Anlagen mit mehreren Erdwärmesonden werden diese an einem Sammler (für den Vorlauf) bzw. Verteiler (für den Rücklauf) zusammengeführt. Dies kann im Außenbereich des Gebäudes oder auch im Haustechnikraum geschehen. Vom Verteiler/Sammler führen die Soleleitungen zur Wärmepumpe. Die horizontale Verlegung vom Erdwärmesonden-Kopf zum Sammler/Verteiler erfolgt eingesandet in frostsicherer Tiefe und leicht ansteigend, damit eine spätere Entlüftung des Systems gewährleistet ist.

| Tiefe und Durchmesser der Bohrung

Die Bohrungen haben in der Regel eine Tiefe von 100 m bis 250 m und einen Durchmesser von 150 mm.

| Solekreis

Den gesamten Kreis aus Sondenrohren, horizontalen Anbindungen, Verteiler/Sammler und Zuleitungen zur Wärmepumpe bezeichnet man als Solekreis.

| Einbau der Sonden

In Abhängigkeit vom Grundwasserstand kann es notwendig sein, die Sonden mit Wasser zu befüllen oder Einbaugewichte zu verwenden.

| WICHTIG: Verfüllung

Moderne Verfüllbaustoffe erfüllen Materialanforderungen im Hinblick auf die Wasserundurchlässigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Frost-Tau-Wechselbeständigkeit.

Gibt es andere Sondentypen?

Neben der in Deutschland üblicherweise verwendeten Doppel-U-Sonde gibt es eine Vielzahl von Sonderlösungen, die jedoch meist nur im Spezialfall zum Einsatz kommen. Dazu zählen Einfach-U-Sonden, Koaxialsonden und Spiralkollektoren bzw. Erdwärmekörbe. Bezüglich eines alternativen Mediums kennen wir Direktverdampfersonden (z.B. auf Basis von CO_2).

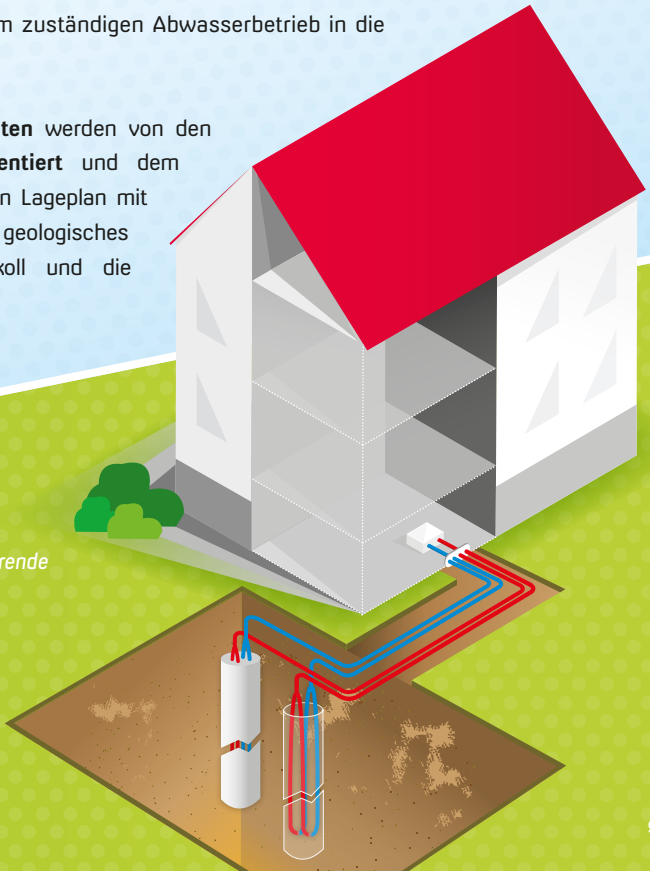
Wie lange hält die Erdwärmeanlage?

Die Lebensdauer einer Erdwärmesonde liegt bei zertifizierten Sonden und fachgerechter Ausführung bei 100 Jahren. Wärmepumpen sind heute so zuverlässig wie ein Kühlschrank.

Für die **Errichtung einer 100 m-Bohrung** wird unter normalen Verhältnissen **nicht viel mehr als ein Arbeitstag** benötigt. Ein weiterer Tag sollte für die horizontale Anbindung und die Befüllung mit Sole gerechnet werden. Zur Qualitätssicherung und zum Nachweis der Dichtigkeit des Systems werden Druckprüfungen durchgeführt.

Das **optimale Bohrverfahren** (Trocken- oder Spülbohrung) ist **abhängig von den zu erwartenden Untergrundverhältnissen**. Überschüssiges Bohrgut muss meist kostenpflichtig entsorgt werden. Ausgetretenes Wasser kann nach dem Absetzen der Feinbestandteile und nach vorheriger Einleitgenehmigung beim zuständigen Abwasserbetrieb in die Kanalisation abgeführt werden.

Sämtliche **Bohr- und Ausbauarbeiten** werden von den ausführenden Fachfirmen **dokumentiert** und dem Bauherren übergeben. Dazu gehören Lageplan mit Leitungsführung, Bohrprotokoll, geologisches Schichtenverzeichnis, Verfüllprotokoll und die Druckprüfungen.



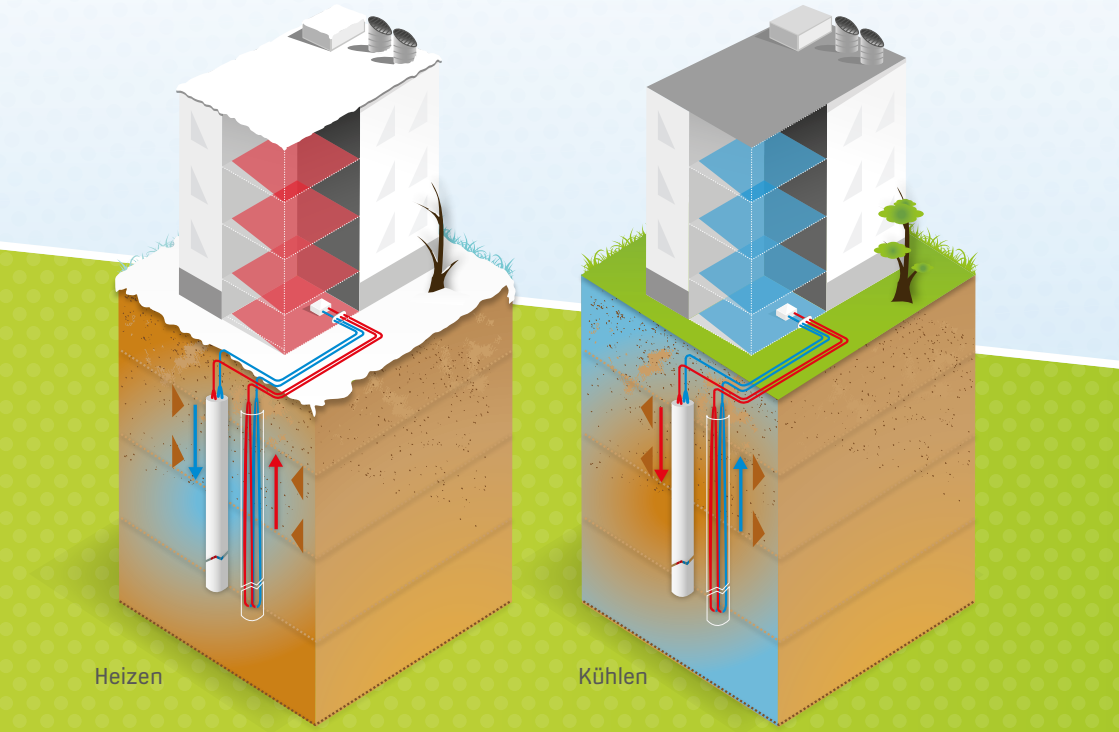
| Platz sparende Erdwärmesonden

Erdwärmesonden sind eine sehr Platz sparende Form der Energiegewinnung. Bei Bedarf können die Bereiche der Sonden später überbaut werden. Schachtbauwerke können überfahrbar ausgeführt werden. Sie können also weiterhin jeden Quadratmeter Ihres Grundstücks ohne große Einschränkungen nutzen!

Heizen & Kühlen mit Erdwärme

Bei der Nutzung von oberflächennaher Geothermie wird dem Untergrund Wärme entzogen, die aus der natürlichen Wärmeproduktion des Erdinneren stammt. Dies geschieht über die Prozesse der Konvektion (Wärmetransport über das fließende Grundwasser) und Konduktion (Wärmetransport vom Wärmeren zum Kälteren in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit des Gesteins).

Beim **Kühlen** wird die Erde künstlich regeneriert, d.h., es wird **Überschusswärme aus dem Haus** über Decken- oder Fußbodenheizung ins Erdreich abgeführt und im Untergrund eingespeichert. Auch die Kombination von Geothermie und Solarthermie im Sinne von Einspeisung solarer Überschüsse funktioniert auf diese Weise. Der Vorteil: Die anfallende Solarwärme kann komplett genutzt werden und muss nicht technisch aufwendig gespeichert werden. Durch die aktive Regeneration des Untergrundes mittels „freier Kühlung" oder Einspeisung von Abwärme erhält die Wärmepumpe eine **höhere Effizienz**. Auf der geothermischen Seite können so die erforderlichen Bohrmeter reduziert und die Investitionskosten gesenkt werden. Dies führt zu einer schnelleren Amortisation.



Auf Nummer sicher gehen

Qualitätsstandards

Erdwärmesondenanlagen sind komplexe Systeme, die aus mehreren Komponenten bestehen. Gut aufeinander abgestimmt liefern diese über ihre gesamte Lebensdauer zuverlässig und kostengünstig Energie. Die Sicherung sowie Einforderung qualitativer Standards bei der Vorbereitung und Errichtung der Anlage spielt dabei eine wichtige Rolle.

1 Qualität bei der Planung

- Vorliegen einer Wärmebedarfsermittlung (Haustechnikplaner/Architekt)
- Wahl der geeigneten Wärmepumpe
- Anfertigen einer geothermischen Standortbewertung
- Geothermische Testarbeiten bei Anlagen > 30 kW
- Ausschreibung der Bohrarbeiten und Vergleich der Angebote
- Vorliegen aller Genehmigungen

2 Qualität bei der Bohrung

- Zertifizierung des Bohrunternehmens nach DVGW-Arbeitsblatt W120 G1/G2
- Einsatz fachkundigen und geschulten Bohrpersonals
- Kenntnisse der lokalen Geologie
- Beachtung der behördlichen Auflagen
- Dokumentation aller Arbeiten
- Sofortige Meldung von Zwischenfällen an zuständige Stellen

3 Qualität bei der Sonde

Erdwärmesonden müssen den folgenden Standards genügen:

- Externe Erdwärmesystemüberwachung z.B. durch das Süddeutsche Kunststoffzentrum Würzburg (SKZ) oder einer gleichwertigen Organisation nach der Norm HR 3.26
- Werksgeschweißte Erdwärmesonden ohne weitere Schweißmuffen am Strang
- Werksprüfzeugnis nach DIN EN 10204 des Herstellers beiliegend

Der Einbau sowie die Abnahmeprüfungen sollten nach Vorgaben der Installationsrichtlinie für Erdwärmeprodukte des Kunststoffrohrverbandes (KRV) erfolgen.

4 Qualität bei der Verfüllung

Gemäß VDI 4640 muss die Suspension nach ihrer Aushärtung eine dichte und dauerhafte Abdichtung des Bohrlochs gewährleisten. Moderne Verfüllbaustoffe erfüllen daher vier Funktionen:

- Mechanisch – Bohrloch-Stabilisierung
- Thermisch – Wärmeübertragung vom Gestein zum Sondenrohr
- Sicherheitstechnisch – Schutz des Grundwassers vor auslaufender Sole
- Hydraulisch – Trennung der Grundwasserleiter und -stauer

Der Einbau des Materials hat grundsätzlich über ein Verpressrohr oder -gestänge im Kontraktorverfahren zu erfolgen. Dabei sind die Verfüllbaustoffe nach Herstellerangaben anzumischen.

Stromtarife, Betriebskosten, Amortisation

Kosten & Förderung

Die **Investitionskosten** für eine Erdwärmeanlage lassen sich in zwei Kostengruppen unterteilen: in die der **Wärmepumpe** und in die **Erschließung der Wärmequelle**. Ganz grob gerechnet belaufen sich die Kosten für eine Wärmepumpe in etwa auf die einer Gas- oder Ölheizung inklusive des dafür erforderlichen Schornsteins. Die eigentlichen Mehrkosten eines Erdwärmeprojektes entstehen also durch die Kosten der Bohrung.

Angaben zu den Investitionskosten für die Bohrung sind von vielen Faktoren abhängig, die durch den Fachplaner möglichst schon zu Beginn des Projektes beachtet werden müssen. Ein wesentlicher Faktor ist dabei die **„Ergiebigkeit" des Untergrundes**, bestimmt durch die Wärmeleitfähigkeit des Gesteins und die Untergrundtemperatur am Standort. Dabei sind starke regionale Schwankungen möglich. Die Kenntnis des geologischen Untergrundes ist deshalb eine der wesentlichen Voraussetzungen zur Optimierung der Kosten, d.h. zur Festlegung der erforderlichen Bohrmeter.

Bohrungsdaten aus Archiven der **geologischen Landesämter** sowie geologische Karten und Profile lassen Rückschlüsse auf die zu erwartende Schichtenfolge zu. Diese Daten müssen nun in die „geothermische Entzugsleitung" übersetzt werden.

Fachplanungsbüros unterstützen Sie dabei, die optimale Bohrungstiefe und -anzahl zu kalkulieren.

| Optimale Bohrmeter

Werden **zu viele Bohrmeter** *niedergebracht, so erhöhen sich die Investitionskosten unnötig. Werden dagegen* **zu wenig Bohrmeter** *abgeteuft, so treten nicht die erwünschten Betriebskosteneinsparungen auf.*

Rechenbeispiel Investitionskosten

Einfamilienhaus (120 m² x 50 W/m² = 6 kW)

Wärmepumpe	9.000 EUR
Bohrung 100 m (inkl. horizontale Anbindung)	6.000 EUR

www.bafa.de
www.foerderdata.de

| Förderung

Föderung für Erdwärmeanlagen im Bereich des Sanierungsbaus gibt es derzeit im Rahmen des Marktanreizprogrammes bei der BAFA.

| Sondertarife der Energieversorger

Wichtig ist die Wahl des optimalen Stromtarifs. Oftmals bieten Versorger Sondertarife an.

Betriebskosten sind im Wesentlichen vom Stromverbrauch der Wärmepumpe (also von der Jahresarbeitszahl) abhängig.

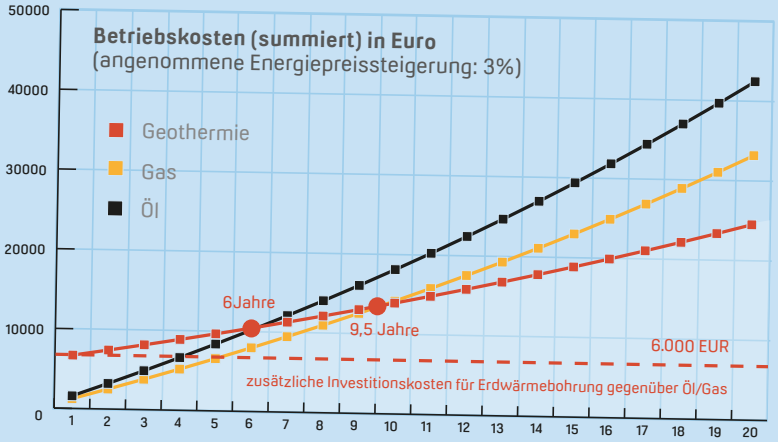
Über den zum Betrieb der Wärmepumpe erforderlichen elektrischen Strom, lassen sich Betrachtungen zur Amortisation des Systems und Vergleiche mit einem anderen System (Öl, Gas) tätigen. Dazu ist es erforderlich, Prognosen zur Entwicklung der Energiepreise anzusetzen, was erfahrungsgemäß nicht einfach ist.

Bei steigenden Energiepreisen kann eine Wärmepumpe (75% kostenlose Umweltwärme) die **Abhängigkeit** der Betriebskosten von dieser Preisentwicklung **reduzieren**.

Rechenbeispiel Betriebskosten

Einfamilienhaus (15.000 kWh/Jahr für Heizung und Warmwasser, Preise Stand 08/2011):

Sole-Wasser-Wärmepumpe	700 EUR/Jahr
Ölheizung	1.600 EUR/Jahr
Gasheizung	1.300 EUR/Jahr



| Betriebskosten

Schon bei einer moderaten Energiepreissteigerung lohnt sich die Investition in eine Erdwärmeanlage. Die 6.000 EUR Mehrkosten (gegenüber den konventionellen Alternativen) für die Bohrung amortisieren sich bereits nach 6 Jahren (Öl) bzw. 9 Jahren (Gas).

Mit professioneller Hilfe Kosten sparen

Fachgerechte Planung

Planer unterstützen den Bauherren von A bis Z. Die wichtigste Frage für den Kunden und Kernaussage der Fachplanung ist aber immer: **Wie viele Bohrmeter benötige ich für eine nachhaltige Energieversorgung bei optimaler Kostenstruktur?** Zu viel Meter Bohrung (**Überdimensionierung**) bedeuten eine zu hohe Investition bei nur geringfügig höherer Effizienz, zu wenig Bohrmeter (**Unterdimensionierung**) bedeuten eine Auskühlung des Untergrundes und damit sinkende Effizienz über die Jahre. In nur 7 Schritten können Sie gemeinsam mit Ihrem Planer, Haustechniker und Bohrunternehmen Ihr Geothermieprojekt erfolgreich abschließen.

Wesentliche Voraussetzung ist zunächst die **Kenntnis des Energiebedarfs** (Leistung und Betriebsstunden pro Jahr) aus der Haustechnikplanung. Zusammen mit den **Betrachtungen zum Untergrund** ergibt sich daraus eine Vorplanung, die durch **Testarbeiten an einer Pilotbohrung** in den nächsten Schritten konkretisiert werden kann.

| Richtlinie VDI 4640

In der Richtlinie VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes", welche weltweit als Vorbild bei der Nutzung von Erdwärme gilt, werden die wichtigsten Grundlagen und Planungsschwerpunkte ausführlich zusammengefasst.

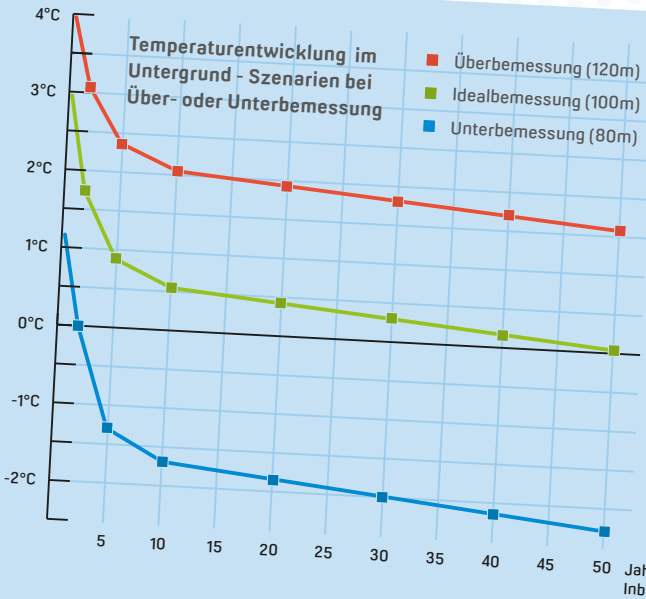
7 Schritte zur Erdwärme

| Thermal Response Test (TRT)

Beim TRT werden an einer fertigen, im Vorfeld zu installierenden Erdwärmesonde Tests zur Ermittlung der Untergrundparameter durchgeführt. Vorher erhobene Literaturdaten werden so präzisiert und eine exakte Planung der Erdwärmeanlage gewährleistet.

Zu den Testarbeiten zählt der **Thermal Response Test** zur Ermittlung der Parameter Wärmeleitfähigkeit, Untergrundtemperatur und Bohrlochwiderstand. Simulationsprogramme, in welche die Testergebnisse eingehen, dienen zur **Prognose der Temperaturentwicklungen** im Untergrund bzw. zur Beschreibung der Einflüsse auf die Nachbarschaft. Dabei müssen eine Reihe von Randbedingungen beachtet werden (Ausführung der Erdwärmesondenbohrung, Verfüllbaustoff, Energiebedarf des Objektes, Sondenanordnung und die natürlichen geologischen Randbedingungen, Temperatur des Untergrundes und Vorhandensein von Grundwasser). Üblicherweise wird der Test ab einer Wärmepumpenleistung von 30 kW ausgeführt.

Das **Monitoring bestehender Anlagen** dient zum Nachweis der Anlageneffizienz und ermöglicht in den ersten Jahren meist sogar noch eine Optimierung des Betriebs. Dabei werden zumindest die wesentlichen Größen wie Stromverbrauch und erzeugte Wärmemenge erfasst.



| Achtung Planungsfehler

Wichtig für eine gute Planung ist die korrekte Festlegung der erforderlichen Bohrmeter bzw. das Design des Erdwärmesondenfeldes. Auch nach vielen Betriebsjahren darf der Untergrund während der Heizphase im Winter nicht unter 0°C sinken und muss sich im Sommer natürlich regenerieren können. Entnimmt man dem Untergrund zu viel Wärme, sinkt die Untergrundtemperatur über die Jahre zu stark und die Effizienz der Wärmepumpe sinkt.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Genehmigungen & Anzeigen

Erdwärmebohrungen sind grundsätzlich anzeige- und genehmigungspflichtig, wobei der Umfang je nach Bundesland sehr unterschiedlich ist. Die Leitfäden der Länder geben detailliert Auskunft und beinhalten oft auch die Antragsformulare. Grundsätzlich gelten für die Erdwärmenutzung das **Wasserrecht**, das **Bergrecht** und das **Lagerstättenrecht**.

Die Untere Wasserbehörde (meist am Landratsamt) erteilt eine wasserrechtliche Genehmigung und bei Bohrtiefen größer als 100 m bzw. bei großen Erdwärmeanlagen ist eine bergrechtliche Genehmigung des Landesbergamtes erforderlich. Falls keine generelle Begrenzung der Bohrtiefe aus geologisch-hydrogeologischen Gründen erfolgt, ist es oftmals sinnvoll, über Bohrtiefen >100 m nachzudenken, denn diese ermöglichen höhere Untergrundtemperaturen und damit eine höhere Effizienz der Wärmepumpe. Die **Anzeige der Bohrung** und deren Ergebnisse erfolgt beim **Geologischen Dienst des Landes**.

Der Zeitraum für die Erteilung der wasserrechtlichen Genehmigung beträgt in der Regel **4 Wochen**. Mit der kostenpflichtigen Erlaubnis werden die Nutzungsrandbedingungen geregelt. Dabei spielen solche Punkte wie Begrenzung der Bohrtiefe, Abstände der Bohrungen zu Nachbargrundstücken, Erfordernis der Betreuung durch einen Sachverständigen und die zeitliche Befristung des Betriebs eine Rolle.

In den meisten Bundesländern existieren mittlerweile auch so genannte „Potenzialkarten", auf denen der Nutzer eine Orientierung über die prinzipielle Machbarkeit und die geothermischen Verhältnisse an seinem Standort bekommt. Diese Karten sind online auf den Seiten der geologischen Dienste verfügbar. Die daraus ableitbaren Daten sind jedoch nur Anhaltswerte für Entzugsleistungen, Verbote/Einschränkungen und Kosten. Sie ersetzen natürlich nicht die eigentliche Fachplanung.

| Leitfäden der Bundesländer

Die Leitfäden der meisten Bundesländer sind online abrufbar – eine gute Übersicht findet sich unter www.erdwaermeliga.de/leitfaeden

| Genehmigungen/Anzeige notwendig

Bitte beachten Sie, dass zumindest eine Anzeige des Vorhabens unbedingt notwendig ist – sprechen Sie Ihr ausführendes Bohrunternehmen darauf an!

| Genehmigungen einholen

Die Beantragung von Genehmigungen bzw. die Anzeige von Bohrvorhaben wird i.d.R. von Ihrem Fachplaner oder einem zertifizierten Bohrunternehmen erledigt.

Benötigt man eine Genehmigung – kann ich das selbst machen?

Erdwärmesonden sind in den meisten Fällen genehmigungspflichtig. Die Leitfäden der Bundesländer geben Hilfen zur Beantragung des Vorhabens. Meist ist es jedoch sinnvoller und zeitsparender, diese vom Fachmann erstellen zu lassen.

Muss ich auf meinen Nachbarn Rücksicht nehmen?

Prinzipiell hat Ihr Nachbar dasselbe Recht wie Sie, den Bodenschatz Erdwärme zu nutzen. Deshalb ist es wichtig, dass sich Erdwärmesonden nicht gegenseitig negativ beeinflussen. In der Praxis haben sich deshalb Mindestabstände etabliert, die im Einfamilienhausbereich bei 10 m zwischen zwei Erdwärmesonden bzw. 5 m von der Grundstücksgrenze liegen. Bei größeren Vorhaben ist die gegenseitige Beeinflussung über Modellrechnungen nachzuweisen.

Gibt es eine Bohrtiefenbeschränkung?

Generelle Bohrtiefenbeschränkungen für oberflächennahe Geothermie gibt es nur in einzelnen Bundesländern, wie Bayern oder Berlin. In Sonderfälle können aus Gründen des Grundwasserschutzes behördliche Auflagen erteilt werden. In den anderen Fällen ist es oftmals sinnvoll, weniger Bohrungen niederzubringen und diese dafür tiefer auszuführen.

Kann ich überall bohren und Geothermie nutzen?

Prinzipiell ja, es gibt aber aus Sicht des Grundwasserschutzes Verbote bei Wasser- und Heilquellenschutzgebieten. In vielen Bundesländen können auf den Internetseiten der geologischen Dienste solche Restriktionsgebiete abgefragt werden.

Mit welchen Auflagen muss ich rechnen?

Die Auflagen aus den wasserrechtlichen Bescheiden fallen in Abhängigkeit von Bundesland und Landkreis sehr unterschiedlich aus. Die wichtigsten Auflagen sind Hinweise auf mögliche Bohrtiefenbeschränkungen, Angaben zu verwendender Materialien, Erfordernis der Einbeziehung von Sachverständigen, Begrenzungen der Nutzungsdauer und Vorgaben der zu übergebenden Dokumentationsunterlagen.

Mit Erdwärme auf der sicheren Seite

Zertifizierungen

Schadensfälle wie in Staufen, wo durch unsachgemäße Arbeiten Schäden an benachbarten Gebäuden entstanden, haben die Branche in letzter Zeit einer generellen Kritik ausgesetzt. Demgegenüber stehen zehntausende von gut funktionierenden Anlagen. Um das Risiko eines solchen Unfalls zu minimieren, sollte auf alle Fälle auf die Durchsetzung der behördlichen Auflagen und die Qualitätsstandards auf der Baustelle geachtet werden.

Neben der erforderlichen Zertifizierung der Bohr- und Brunnenbauunternehmen nach dem DVGW-Arbeitsblatt W120 G1 (über 100 m Tiefe) oder G2 (bis 100 m Tiefe) spielt die lokale Fachkunde eine wichtige Rolle. Referenzen (hinsichtlich Ort, Umfang des Vorhabens und geplanter Bohrtiefe) sollten daher möglichst im Vorfeld der Arbeiten erfragt werden.

Eine Reihe von **Referenzanlagen** finden Sie unter:

www.erdwaermeliga.de/projekte und
www.waermepumpe.de/endverbraucher/bauherren/referenzobjekte

Gute Wärmepumpen besitzen ein europäisches **EHPA-Gütesiegel** und Wärmepumpeninstallateure sollten nach **EUCERT** zugelassen sein.

Einzusehen ist eine **Liste der Fachpartner** unter:

www.waermepumpe.de/endverbraucher/bauherren/zertifizierte-installateure

Wie hoch ist das Risiko des Bauherren?

Das Risiko des Bauherren ist unter Berücksichtigung der qualitativen Vorgaben, der erforderlichen fachlichen Zertifizierungen und bei Einhaltung der genehmigungsrechtlichen Auflagen relativ gering. Es verbleibt jedoch ein gewisses Restrisiko hinsichtlich unvorhersehbarer Untergrundverhältnisse, das durch verursacherunabhängige Versicherungen gedeckt werden kann.

Woran erkenne ich ein seriöses Bohrunternehmen?

Ein Bohrunternehmen sollte zunächst über die erforderlichen Zertifizierungen nach DVGW-Arbeitsblatt W120 (Teil 2 in Vorbereitung) verfügen. Erfragen Sie weiterhin Referenzen hinsichtlich Region, Bohrtiefe und Größe des Vorhabens.

Neu für Erdsondenbohrungen

Versicherung

| Klassische Versicherungen

Bauleistungs- oder Haftpflichtversicherungen leisten nur für das eigene Bauvorhaben oder nur dann, wenn ein Verschulden nachgewiesen werden kann.

In Zusammenarbeit mit der Waldenburger Versicherung AG (einem Unternehmen der Würth-Gruppe) bietet der BWP einen grundsätzlichen Versicherungsschutz für die **Absicherung von unvorhergesehenen Sachschäden durch Bohrvorhaben** an und übernimmt damit auch verschuldensunabhängige Schäden. Insbesondere Erdhebung, Erdsenkung, Erdbeben, Erdrutsch, Anschnitt von gespannten Grundwasserleitern, Gasaustritt, Eintrag mikrobiologischer Verunreinigungen und der hydraulische Kurzschluss zweier getrennter Grundwasserstockwerke werden damit versicherbar.

| Versicherungsbeiträge

Bereits ab 250 – 300 EUR (zzgl. MWSt.) kann der Bauherr eines Einfamilienhauses Schäden bis eine Million Euro absichern.

Im Schadensfall werden neben den **eigenen Schäden**, **Sachschäden in der Nachbarschaft** unter anderem auch die Kosten für die so genannten **Folgeschäden** wie das Aufräumen und Entsorgen, Bewegungs- und Schutzmaßnahmen, Schadensuchkosten, Kosten für Rechtschutz bei unbegründeten Ansprüchen Dritter und umsonst aufgewandten Bohrkosten ersetzt.

Die Beauftragung von qualifizierten und zertifizierten Personen ist Voraussetzung für den Versicherungsschutz. Hier will der BWP auch im Bereich der Qualitätssicherung und Prävention einen Beitrag leisten. Schließlich sind bei Erdsonden-Bohrungen – wie auch bei anderen Bohrvorhaben, z.B. für Trinkwasserbrunnen – die Erfahrung und Qualifikation der beteiligten Fachleute entscheidend, um Risiken zu vermeiden.

Wie kann ich mich gegen Risiken versichern?

Im äußerst unwahrscheinlichen Fall der Fälle kann sich der Bauherr neuerdings gegen das Risiko von unvorhersehbaren Schäden bei der Ausführung der Bohrungen absichern. Der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V. kommt an dieser Stelle den Bauherren entgegen und reagiert auf aktuelle Schadensfälle, wo die Geschädigten bis zur Klärung der Schuldfrage in Vorleistung gehen mussten.

Checkliste Erdwärmesonden

1 Liegt eine zuverlässige Energiebedarfsermittlung vor?

Dazu müssen die Leistung der Wärmepumpe in kW und die erforderlichen Betriebsstunden für Heizen und Warmwasserbereitung bekannt sein. Bei abweichenden Nutzungen vom Standard bzw. bei Kühlung mit Geothermie oder auch bivalentem Betrieb ist die Lastverteilung über das Jahr wichtig. In der Regel erhalten Sie diese Angaben vom Energieberater, Haustechnikplaner oder Architekten.

2 Erfolgte die Dimensionierung der Sondenbohrungen durch einen Fachmann?

Anzahl, Tiefe und Abstand zwischen den Erdwärmesonden sind wesentliche Voraussetzungen für eine optimal funktionierende Anlage und natürlich für die Investitionskosten. Da diese Größen vom Energiebedarf des Gebäudes und vom Untergrund am Standort abhängig sind, können Orientierungsgrößen, wie 50 W/m Bohrung oder 25 W/m² Kollektorfläche als Anhaltspunkt für eine erste Schätzung dienen.

3 Ist der Platzbedarf geklärt?

Die Lage der erforderlichen Bohrpunkte muss im Vorfeld mit der Bohrfirma abgestimmt werden. Berücksichtigen Sie dabei auch den Platzbedarf für das Bohrgerät zum Abteufen der Bohrungen. Kommen Kollektoren zum Einsatz, muss berücksichtigt werden, dass die erforderliche Fläche später nicht überbaut werden darf.

4 Haben Sie alle wesentlichen Unterlagen und Pläne des Grundstücks?

Damit es beim Bohren keine bösen Überraschungen gibt, ist es erforderlich, alle Bestandspläne zu besitzen bzw. die Schachtscheine bei den Medienträgern (Gas, Wasser, Abwasser und Telekom) einzuholen.

5 Besteht ein ausreichender Versicherungsschutz?

Gegen evtl. Schäden können Sie sich auch als Bauherr versichern. Diese Versicherung ist verursacherunabhängig und überbrückt finanzielle Schäden bis zur Feststellung der Schuldfrage.

6 Liegen alle Genehmigungen vor?

Die aus der wasserrechtlichen Genehmigung ersichtlichen Auflagen und Beschränkungen müssen dem ausführenden Unternehmen bekannt sein und auf der Baustelle berücksichtigt werden. Bei Bohrtiefen über 100 m gilt dies auch für die bergrechtlichen Auflagen.

7 Wurde ein fachlich qualifiziertes Bohrunternehmen ausgewählt?

Wichtig ist hier das Vorliegen einer Zertifizierung nach W120 und lokaler Referenzen. Ausreichender Versicherungsschutz gewährleistet eine Haftung des Bohrunternehmens bei Schadensfällen.

8 Werden qualitativ hochwertige Materialien eingesetzt?

Dazu zählen zertifizierte Sondenrohre und vorgemischte hochwertige Verfüllbaustoffe. Eine Erdwärmesonde wird genau wie das zu beheizende Gebäude, für die nächsten Generationen errichtet – gehen Sie daher sicher, dass Material und Verarbeitung Spitzenqualität aufweisen. An dieser Stelle ist eine „Nachrüstung" nicht mehr möglich.

9 Erfolgt ein fachgerechter Einbau der Sonden?

Der Einbau der Erdwärmesonde in das Bohrloch ist ein sensibler Prozess. Deshalb müssen die Sonden nach dem Einbau und nach dem Verpressen Druckprüfungen unterzogen werden, die eine Beschädigung des Materials beim Einbau ausschließen.

10 Existiert eine Dokumentation aller Arbeiten?

Selbstverständlich gehören eine Dokumentation aller ausgeführten Arbeiten und die Vorlage der Werkszeugnisse nach Abschluss der Arbeiten zu den Rechten des Bauherren.

11 Sind die Schnittstellen zu Nachbargewerken geklärt?

Bei der Errichtung einer Geothermieanlage müssen Haustechniker, Bohrunternehmen und die entsprechenden Planer und Architekten eng zusammenarbeiten. Deshalb ist es wichtig – sollten diese Arbeiten nicht aus einer Hand ausgeführt werden – dass die Schnittstellen im Vorfeld klar definiert werden.

Typische Entzugsleistungen

Die spezifischen Entzugsleitungen für reinen Heizbetrieb hängen auch von den Betriebsstunden der Wärmepumpe ab. In der VDI 4640 sind dafür Werte für 1.800 h/a (ausschließlich Heizung) und 2.400 h/a (Heizung und Warmwasserbereitung) aufgeführt:

| ACHTUNG

Die unten dargestellten Werte stellen lediglich Orientierungsgrößen dar. Ihr Fachplaner ermittelt die tatsächlichen Entzugsleistungen in Abhängigkeit vom Untergrund.

	1800 h/a	2400 h/a
Schlechter Untergrund (z.B. trockenes Sediment)	25 W/m	20 W/m
Normaler Untergrund (z.B. Festgestein / wassergesättigtes Sediment)	60 W/m	50 W/m
Guter Untergrund (z.B. Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit)	84 W/m	70 W/m

Jahresarbeitszahlen

Forscher des Fraunhofer-Instituts haben in einem Langzeitfeldtest die Effizienz von erdgekoppelten Wärmepumpen untersucht. Dabei stellte sich unter anderem heraus, dass sorgfältig geplante Systeme sowohl ökonomisch als auch ökologisch effizienter arbeiten. Selbst bei einer Gebäudesanierung können höchst effiziente Jahresarbeitszahlen von 3,3 bis 3,4 im Durchschnitt erreicht werden – so ist Erdwärme auch eine Alternative für Bestandsgebäude.

Erdwärmeanlagentyp	Neubau	Sanierung	Mittelwert
Sole-Wasser-Anlagen (Sonden und Kollektoren)	3,9	3,4	3,7
Wasser-Wasser-Anlagen (Brunnen)	3,8	3,3	3,6

Quelle: Fraunhofer ISE – Wärmepumpen Effizienz

Die „mittlere Erdwärmeanlage" in Deutschland

Leistung der Wärmepumpe:	10 kW
Betriebsstunden pro Jahr:	1.950 h/a
Bohrungen:	2 x 70 m
Sondentyp:	Doppel-U
Sondendurchmesser:	32 mm

Top 5 – größte Erdwärmeprojekte

Deutschland ist mittlerweile zu einem der führenden Länder bei der Nutzung oberflächennaher Geothermie (Erdwärme) geworden. Fünf der größten in Betrieb befindlichen Erdwärmesondenanlagen in Deutschland sind gegenwärtig (Stand: 01.09.2011):

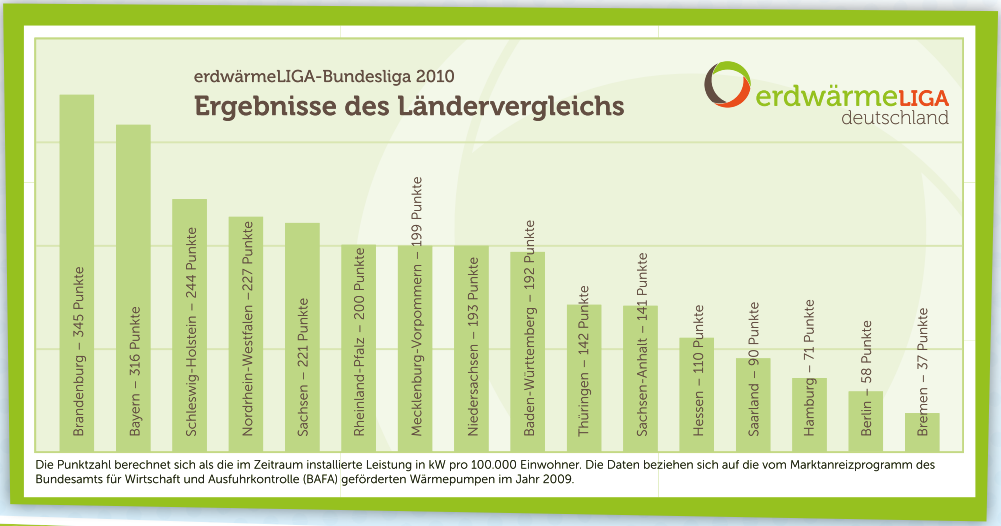
Bezeichnung	Ort	Baujahr	Erdwärme-sonden	Tiefe	Gesamtbohr-meter
Ganghofer Siedlung	Regensburg	2009-2011	500	70	29.400
Berufsschulzentrum	Duisburg	2009/10	180	120	21.600
Gewächshäuser	Papenburg	2010	84	248	20.832
Musikerviertel	Bad Kreuznach	2009	168	120	20.160
Thier-Areal	Dortmund	2009	150	100	15.500

Quelle: erdwärmeLIGA Deutschland

| Erdwärmeprüfstand

Die erdwärmeLIGA ist eine Rangliste der bei der Nutzung von Erdwärme erfolgreichsten Städte, Landkreise und Bundesländer.
www.erdwaermeliga.de

Die Nutzung der Erdwärme in Deutschland ist aufgrund verschiedener Randbedingungen (wie beispielsweise Flächenverfügbarkeit und genehmigungsrechtliche Randbedingungen) sehr unterschiedlich. Ein jährliches Ranking der Bundesländer veröffentlicht die erdwärmeLIGA:



Die Punktzahl berechnet sich als die im Zeitraum installierte Leistung in kW pro 100.000 Einwohner. Die Daten beziehen sich auf die vom Marktanreizprogramm des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) geförderten Wärmepumpen im Jahr 2009.

Ihre starken Partner für Erdwärme:

599media

bwp Bundesverband Wärmepumpe e.V.

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.
10117 Berlin · Charlottenstraße 24 · Tuteur Haus
Tel.: 030 208 799 711 · Fax: 030 208 799 712
info@waermepumpe.de · www.waermepumpe.de
Stand: 9/2011 · 1. Auflage: 25.000