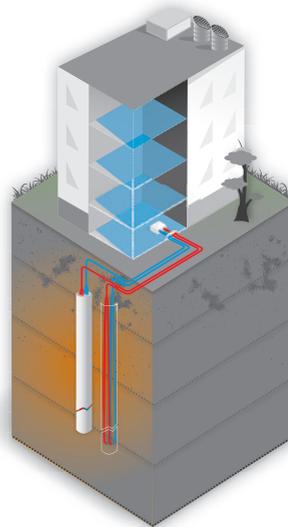
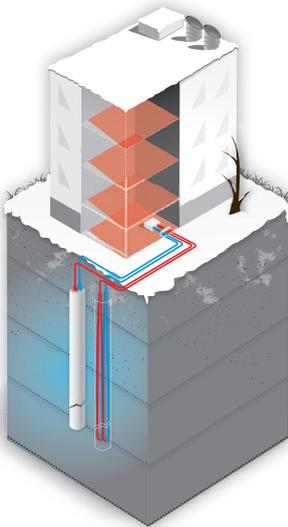


Leitfaden Erdwärme

Grundlagenwissen und Praxistipps



Erdwärme – sicher und etabliert

Vorwort

Das Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen ist auf dem Vormarsch. Allerdings fehlt häufig noch das Verständnis für die vielen Vorteile und die technischen und praktischen Hintergründe dieser umweltfreundlichen und nachhaltigen Technologie. Mit einer Wärmepumpe bezieht man den Löwenanteil der benötigten Energie kostenlos aus der Umwelt. Durch eine Sonde, einen Kollektor oder eine Brunnenanlage erschließen Sie eine eigene regenerative Energiequelle auf Ihrem Grundstück. Mit dem wachsenden Anteil erneuerbaren Stroms, wird Ihre Wärmepumpe in Zukunft automatisch immer umweltfreundlicher und bereits heute ist eine vollkommen klimaneutrale Energieversorgung mit Wärme und Kälte möglich, falls Sie Ihre Wärmepumpe mit grünem Strom betreiben. Neben den Vorteilen für die Umwelt, bietet die Erdwärme höchsten Komfort, Versorgungssicherheit und verschafft Ihnen zudem weitgehende Unabhängigkeit von den Preisschwankungen und Risiken der Rohstoffmärkte für fossile Brennstoffe. Für die Nutzung von Erdwärme gibt es praktisch keine Einschränkungen – ob im Bereich des Neubaus oder zur energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden, ob für Einfamilienhäuser, im Geschosswohnungsbau, für Möbelhäuser oder Universitäten, ob zum Heizen oder Kühlen: die Energie der Erde ist universell einsetzbar.



Baut oder saniert man ein Haus, stehen viele Entscheidungen an. Mit der Entscheidung für eine Heizung legen Sie sich 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 Ihnen ein Grundverständnis für die vielfältigen Möglichkeiten und Vorteile der Nutzung von Erdwärme vermitteln. Wir sind zuversichtlich, dass Sie sich dann für das richtige System entscheiden.

Dr. Martin Sabel
Geologe

Geschäftsführer Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.



Bewährte, einfache Technologie

etwa 365.000 installierte Erdwärmeanlagen in Deutschland (Stand 31.12.2017)

Geringer Platzbedarf

unproblematische Installation selbst bei kleinen Grundstücken

Hohe Lebensdauer, geringe Wartung

langlebige und robuste Anlagen, die geringen Wartungsaufwand benötigen

Reduzierte Betriebskosten

durch die Nutzung kostenfreier Umweltwärme

Reduzierung der CO₂-Emissionen

bis zu 78 % CO₂-Einsparung im Laufe der Lebensdauer gegenüber einer Ölheizung

Nutzung des Bodenschatzes

unter dem eigenen Grundstück

Unabhängigkeit

von ausländischen Energieimporten

Die Nutzung von Erdwärme zum Heizen und zur Brauchwasserbereitung ist eine in Europa 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

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 besonders effizient gekühlt werden – ein starkes Argument nicht nur für Büro- und Gewerbeimmobilien.



Konkrete Beispiele, wie Bauherren mit Weitblick und einem Gespür für nachhaltige Technologien ihre Visionen mit Erdwärme verwirklicht haben, finden Sie auf:

www.bauen-auf-erdwaerme.de

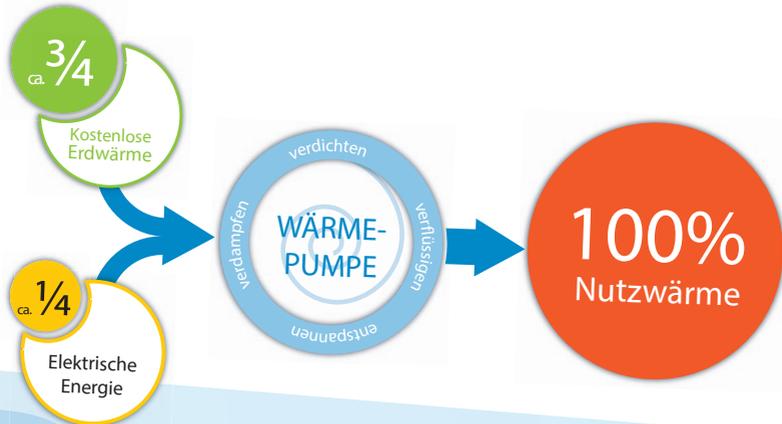
Inhaltsverzeichnis

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

Wie funktioniert Erdwärme?

Eine Wärmepumpe kann nicht nur zum **Heizen**, sondern auch zur **Warmwasserbereitung** und 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.



Wie groß und laut ist eine Wärmepumpe?

Eine Wärmepumpe ist nicht größer als ein konventioneller Kessel und wird in der Regel im Haus-technikraum 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 CO₂-Ausstoß ist ab einer Jahresarbeitszahl (JAZ, siehe Seite 5) von 2,0 geringer als bei einer herkömmlichen Heizung mit fossilen Brennstoffen wie Öl und Gas. Tendenziell wird ihre Wärmepumpe immer ökologischer, weil der Anteil erneuerbarer Energien am deutschen Strommix permanent wächst.

| Weitere Informationen

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

| Hohe Jahresarbeitszahlen

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

| Höchste Effizienzklassen

Erdgekoppelte Wärmepumpen erreichen bei der EU-Energiekennzeichnung für Wärmeerzeuger die höchsten Effizienzklassen

| Keine Angst vor tiefen Sonden

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

| Fachplanung für hohe Effizienz

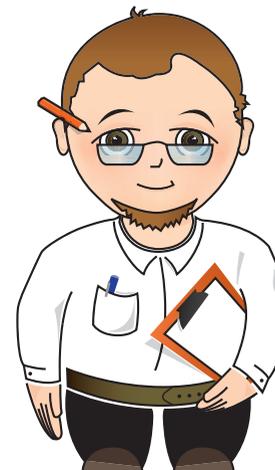
Durch eine fachgerechte Planung lässt sich eine hohe Effizienz und eine damit verbundene Kostenersparnis erzielen.

Die Effizienz einer Wärmepumpe wird mit der so genannten „**Jahresarbeitszahl**“ ausgedrückt. Diese ergibt sich aus der zur Erzeugung einer bestimmten Wärmemenge benötigten elektrischen Antriebsenergie. Eine typische Jahresarbeitszahl für erdgekoppelte Wärmepumpen liegt bei 4. 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.**

Es gibt verschiedene Einflussfaktoren auf die Jahresarbeitszahl. Der wichtigste ist die Temperaturdifferenz zwischen der Quelle (dem Erdreich) und dem Heizsystem. Je geringer also dieser Unterschied 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.

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.



Systemüberblick

Bei der Nutzung von Erdwärme bedient man sich des **natürlichen Temperaturniveaus** im Untergrund. Dieses liegt abhängig von den klimatischen und geologischen Verhältnissen in Mitteleuropa 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.

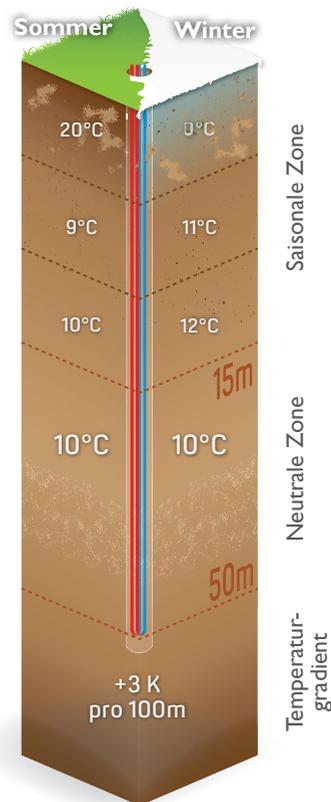
Bei der Nutzung von Erdwärme wird zwischen **geschlossenen und offenen Systemen** unterschieden.

Bei den **geschlossenen Systemen** zirkuliert ein Fluid in horizontal oder vertikal verlegten Rohrleitungen und die Wärmepumpe entzieht diesem Transportmedium die Wärme. Man unterteilt in **Erdwärmekollektoren**, die horizontal verlegt werden und nicht überbaut werden dürfen und in **Erdwärmesonden**, die senkrecht in Bohrlöcher mit einer Tiefe 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 um wenige Grad Celsius abgekühlte Wasser über einen Injektionsbrunnen wieder in den Untergrund eingeleitet.

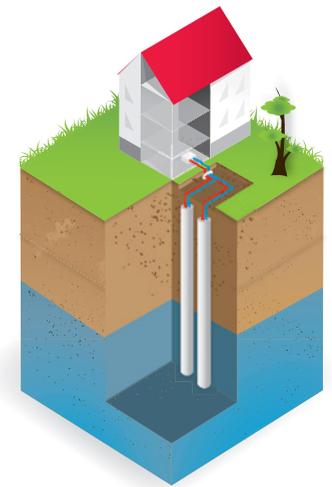
Wärmeleitung im Erdinneren
 Wird dem Untergrund Wärme entzogen, sorgen Prozesse der Konvektion (Wärmetransport über das fließende Grundwasser) und Konduktion (Wärmetransport vom wärmeren zum kälteren Gestein in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit) für „Nachschub“ aus der natürlichen Wärmeproduktion.



Erdwärmesonden

Erdwärmesonden gehören zu den geschlossenen Systemen und werden über Bohrungen senkrecht in den Untergrund gebracht. In den Sonden zirkuliert reines Wasser oder 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.

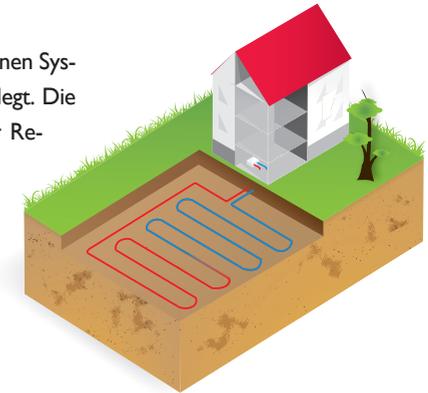
Orientierungsgröße: 25 – 70 W pro Meter Sondenlänge



Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren gehören ebenfalls zu den geschlossenen Systemen. Sie werden horizontal ca. 120 – 150 cm tief 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 versiegelt werden.

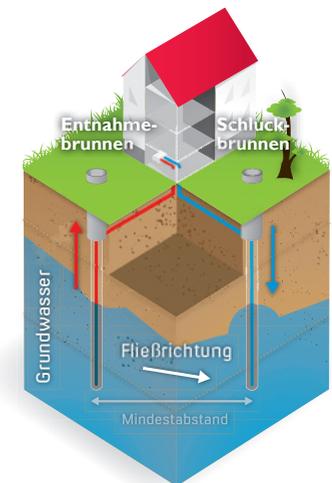
Orientierungsgröße: 8 – 40 W pro m² Kollektorfläche



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 Verdampferleistung



Erdwärmesonden

Die am weitesten verbreitete Technik zur Nutzung von Erdwärme sind **Sonden**. Dabei werden Gesteinsbohrungen in den Untergrund niedergebracht. In das Bohrloch werden anschließend Rohre aus Polyethylen (HD-PE) eingebaut, in denen das Wärmeträgermedium zirkuliert. Zum leichteren Einbau des Rohres und zur Vermeidung von Beschädigungen werden die meist werkseitig vorkonfektionierten Sondenbündel von einer Haspel ins Bohrloch abgerollt. Ausnahmen gelten für Speichersonden, die aufgrund ihres größeren Durchmessers nicht auf Haspeln angeliefert werden können.

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 bzw. Verteiler zusammengeführt. Dies kann im Außenbereich des Gebäudes oder auch im Haustechnikraum geschehen. Vom Verteiler/Sammler führen die Soleleitungen zur Wärmepumpe.

| Tiefe und Durchmesser der Bohrung

Die Bohrungen haben in der Regel eine Tiefe bis 200 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 vor dem Einbau mit Wasser zu befüllen oder Einbaugewichte zu verwenden.

| WICHTIG: Verfüllung

Moderne Verfüllbaustoffe erfüllen Materialanforderungen im Hinblick auf die Wasserundurchlässigkeit und Wärmeleitfähigkeit.

Gibt es andere Sondentypen?

Neben der in Deutschland häufig verwendeten Doppel-U-Sonde gibt es eine Vielzahl weiterer Sondentypen. Dazu zählen Einfach-U-Sonden, Koaxialsonden und Spiralkollektoren bzw. Erdwärmekörbe. Koaxiale Speichersonden erfordern aufgrund ihres größeren Volumens pro Sondenmeter eine geringere Bohrtiefe.

Wie lange hält die Erdwärmanlage?

Die Lebensdauer einer zertifizierten und fachgerecht installierten Erdwärmesonde liegt bei 100 Jahren. Wärmepumpen sind heute so zuverlässig wie ein Kühlschrank.

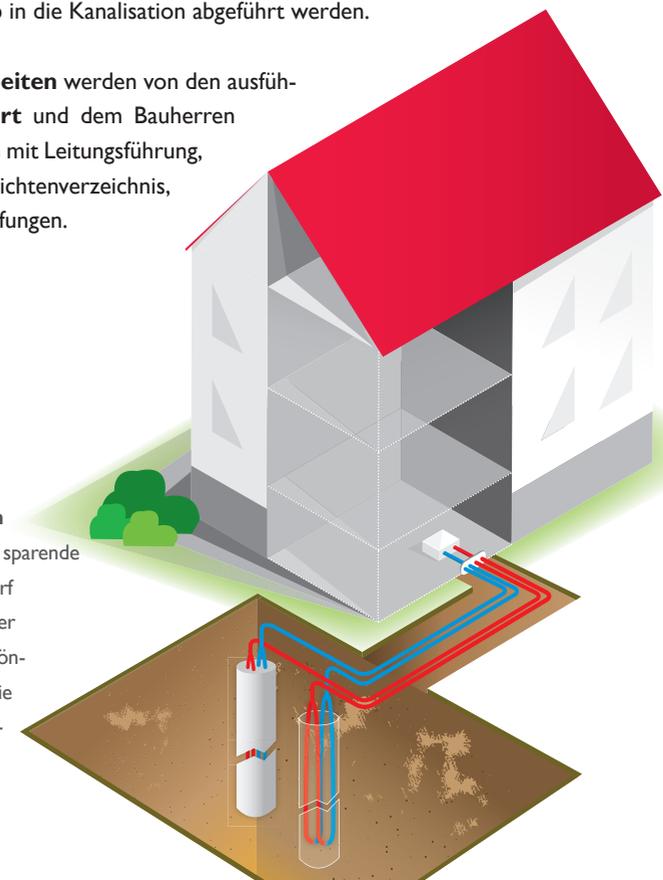
Für die **Errichtung einer 100 m-Bohrung** wird unter normalen Verhältnissen **nicht viel mehr als ein Arbeitstag** benötigt. Ein weiterer Tag sollte für die horizontale Anbindung und die Befüllung mit Sole gerechnet werden. Zur Qualitätssicherung und zum Nachweis der Dichtigkeit des Systems werden Druckprüfungen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

Das **optimale Bohrverfahren** (Trocken- oder Spülbohrung) ist **abhängig von den zu erwartenden Untergrundverhältnissen**. Überschüssiges Bohrgut muss entsorgt werden. Ausgetretenes Wasser kann nach dem Absetzen der Feinbestandteile und nach vorheriger Einleitenehmigung 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

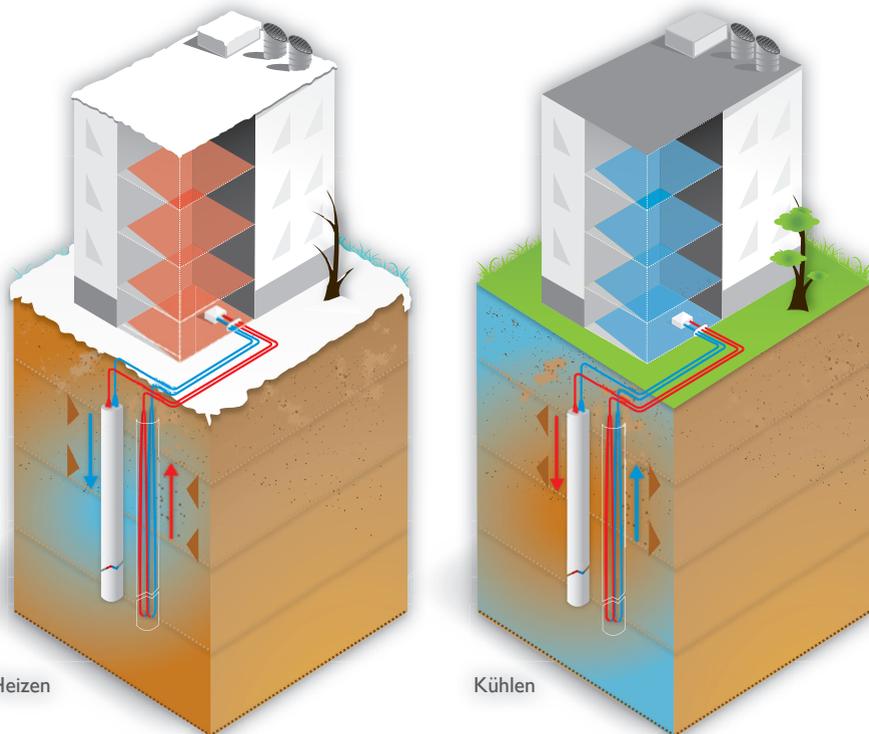
Erdwärmesonden sind eine sehr platz sparende Form der Energiegewinnung. Bei Bedarf können die Bereiche der Sonden später überbaut werden. Schachtbauwerke können überfahrbar ausgeführt werden. Sie können also weiterhin jeden Quadratmeter Ihres Grundstücks ohne große Einschränkungen nutzen!



Heizen & Kühlen

Bei der Nutzung von Erdwärme 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 Wärmereichen 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 gespeichert. 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.



Heizen

Kühlen

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 W120-1/-2
- » Einsatz fachkundigen und geschulten Bohrpersonals
- » Kenntnisse der lokalen Geologie
- » Beachtung der behördlichen Auflagen
- » Dokumentation aller Arbeiten
- » Sofortige Meldung von Zwischenfällen an zuständige Stellen
 - » falls empfohlen: hörtkorn geothermic, verschuldensunabhängige Versicherung

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 (Ausnahme: Speichersonden)
- » Werkprüfzeugnis 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

Die Suspension muss nach ihrer Aushärtung eine dichte und dauerhafte Einbindung in das umgebende Gestein gewährleisten. Moderne Verfüllbaustoffe erfüllen daher vier Funktionen:

- » Mechanisch – Bohrloch-Stabilisierung
- » Thermisch – Wärmeübertragung vom Gestein zum Sondenrohr
- » Hydraulisch – Trennung der Grundwasserleiter und -stauer

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

Investitions- und Betriebskosten

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.

Die **Lebensdauer** einer zertifizierten und fachgerecht installierten Erdwärmesonde liegt bei 100 Jahren. Damit zahlt sich die Investition in eine Wärmequelle auf dem eigenen Grundstück doppelt aus: Sie steigert den Wert des Hauses und steht auch kommenden Generationen zur Verfügung.

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.

Betriebskosten sind im Wesentlichen vom Stromverbrauch der Wärmepumpe (also von der Jahresarbeitszahl, siehe Seite 5) abhängig.



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.

Qualitätsanforderungen für Erdwärmebohrungen
Zu diesen Anforderungen gehört eine verschuldensunabhängige Versicherung (siehe Seite 19) und ein nach DVGW W 120-2-zertifiziertes Bohrunternehmen.

Bonusförderung
In Verbindung mit der Basis- oder Innovationsförderung werden Boni für zusätzliche Leistungen gewährt oder den Austausch ineffizienter fossiler Kessel.

Das **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)** belohnt den Einbau einer effizienten Wärmepumpe mit attraktiven Fördersummen aus dem Marktanreizprogramm (MAP). Dabei wird in Basis- und Innovationsförderung unterschieden. Zudem werden unter bestimmten Voraussetzungen verschiedene Boni gewährt.

Basisförderung

Einbau einer effizienten Wärmepumpe in ein Bestandsgebäude. Die Antragstellung muss vor Vertragsabschluss erfolgen.

Innovationsförderung

Einbau einer effizienten Wärmepumpeanlage (JAZ $\geq 4,5$) in Bestand oder Neubau. Verpflichtung: Flächenheizung und Qualitätscheck nach einem Jahr. Antragstellung vor Vertragsabschluss.

Mehr Informationen und Formulare unter:
www.heizen-mit-erneuerbaren-energien.de

Mindestförderung BAFA

	Basisförderung	Innovationsförderung	
Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonde	JAZ $\geq 3,8$	JAZ $\geq 4,5$	
	4.500 €	6.750 €	4.500 €
sonstige Sole/Wasser- oder Wasser/Wasser-Wärmepumpe	JAZ $\geq 3,8$	JAZ $\geq 4,5$	
	4.000 €	6.000 €	4.000 €
	Gebäudebestand		Neubau

JAZ = Jahresarbeitszahl

Rechenbeispiel Investitionskosten

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

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

Förderbeispiel

- Austausch eines 20 Jahre alten Gas-NT-Kessels
- Heizungscheck, hydraulischer Abgleich und Effizienzmaßnahmen
- Neue Sole/Wasser-Wärmepumpe
 - » JAZ 4,5
 - » Sondenbohrung
 - » SG-Ready + Pufferspeicher
 - » Flächenheizung

Innovation 6.750 € Hocheffiziente S/W-Wärmepumpe im Bestand	Bonus + 500 € Lastmanagement-bonus	APEE-Bonus x 1,2 20 % Zuschlag für Austausch eines alten Kessels	Optimierung + 600 € für Optimierungsmaßnahmen (APEE)	=	Fördersumme: 9.300,- €
--------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------	---	----------------------------------

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. Bohrungsdaten aus Archiven der **geologischen Dienste** sowie geologische Karten und Profile aus Archiven lassen Rückschlüsse auf die zu erwartende Schichtenfolge und damit auf die Wärmeleitfähigkeit zu. Bei größeren Projekten lohnen sich auch **Testarbeiten an einer Pilotbohrung**.

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.

Thermal Response Test (TRT)

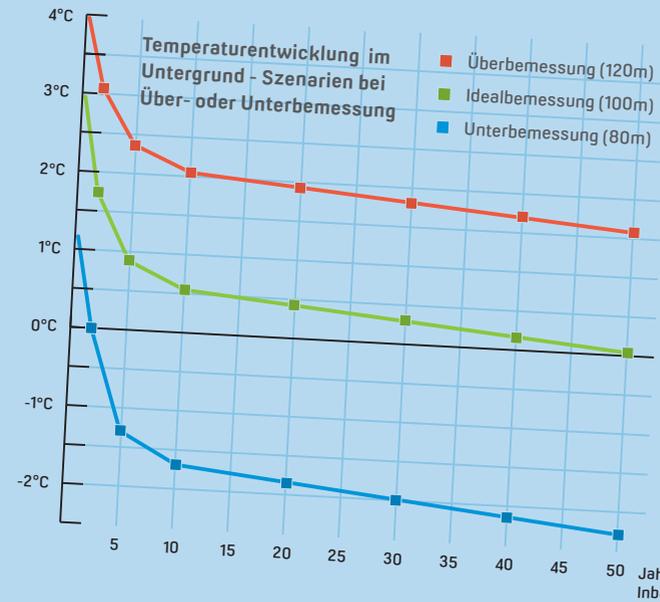
Beim TRT werden an einer fertigen, im Vorfeld zu installierenden Erdwärmesonde Tests zur Ermittlung der Untergrundparameter durchgeführt. Vorher erhobene Literaturdaten werden so präzisiert und eine exakte Planung der Erdwärmeanlage gewährleistet.

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.



7 Schritte zur Erdwärme



Achtung Planungsfehler
Wichtig für eine gute Planung ist die korrekte Festlegung der erforderlichen Bohrmeter bzw. das Design des Erdwärmesondenfeldes. Auch nach vielen Betriebsjahren darf die Untergrundtemperatur 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.

Genehmigungen & Anzeigen

Erdwärmepumpen sind 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 zuständige Untere Wasserbehörde erteilt eine wasserrechtliche Genehmigung und bei Bohrtiefen größer als 100 m bzw. bei großen Erdwärmeanlagen ist ggf. 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. Diese erschließen höhere Untergrundtemperaturen und ermöglichen 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. Eine Übersicht dazu finden Sie unter www.waermepumpe.de. 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 unter www.waermepumpe.de/erdwaerme (> Praxistipps > Leitfäden)

| 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 die Erdwärmenutzung gibt es nur in einzelnen Bundesländern, wie Bayern oder Berlin. In Sonderfälle können aus Gründen des Grundwasserschutzes behördliche Auflagen erteilt werden.

Kann ich überall bohren und Erdwärme nutzen?

Prinzipiell ja, es gibt aber aus Gründen des Grundwasserschutzes Einschränkungen in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten. In vielen Bundesländern 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.

Zertifizierungen

Die Bohrunternehmen des BWP sind Experten im Bereich von Erdwärmepumpenbohrungen. Diese Kompetenz weisen sie durch ein **Zertifikat nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 120-2** nach. Um ein solches Zertifikat zu erhalten, unterziehen sich die Bohrunternehmen einer angekündigten Prüfung durch akkreditierte Zertifizierungsstellen und verpflichten sich zur Einhaltung der verlangten Qualitätskriterien in der täglichen Praxis.

Einige Bohrunternehmen gehen noch einen Schritt weiter: Um das kontinuierlich hohe Qualitätsniveau ihrer Arbeiten unter Beweis zu stellen, verpflichten sich diese freiwillig dazu, jederzeit unangekündigte Überwachungen durch qualifizierte Auditoren der Zertifizierungsstellen auf ihren Baustellen zuzulassen. Diese Unternehmen erkennen Sie an dem **Zeichen für fremdüberwachte Bohrunternehmen**.

Neben der Zertifizierung der Bohrunternehmen spielt die lokale Fachkunde eine wichtige Rolle. Entsprechende **Referenzen** sollten daher möglichst im Vorfeld der Arbeiten erfragt werden.

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

www.waermepumpe.de

www.bauenauferdwaerme.de und

www.erdwaermeliga.de/projekte

Gute Wärmepumpen besitzen ein **Europäisches Gütesiegel** und erfahrene Installateure und Bohrunternehmen finden Sie in der **Fachpartnersuche** unter www.waermepumpe.de.



| Klassische Versicherungen

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

| Versicherungsbeiträge

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

Spezialversicherung für Bohrungen

In Zusammenarbeit mit der Waldenburger Versicherung AG (einem Unternehmen der Würth-Gruppe) bietet der BWP einen grundsätzlichen Versicherungsschutz für die **Absicherung des Restrisikos von Schäden durch Bohrvorhaben** an. Damit werden auch Schäden unabhängig vom Verschulden übernommen, mit einer Nachhaftungszeit von 24 Monaten.

Mehr Informationen: www.geothermic.dr-hoertkorn.de

Insbesondere Sachschäden als Folge von Erdhebung, Erdsenkung, Erdbeben, Erdbeben, Ansnchnitt von gespannten Grundwasserleitern, Gasaustritt, Eintrag mikrobiologischer Verunreinigungen und der hydraulische Kurzschluss zweier getrennter Grundwasserstockwerke werden damit versicherbar.

Im Schadensfall werden neben den **eigenen Schäden und Sachschäden in der Nachbarschaft** auch die Kosten für die so genannten **Folgeschäden** ersetzt. Hierzu gehören u.a. die Kosten für das Aufräumen und Entsorgen, Bewegungs- und Schutzmaßnahmen, Schadensuche und Rechtsschutz bei unbegründeten Ansprüchen Dritter.

Die Beauftragung von qualifizierten und zertifizierten Unternehmen 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 ein optimales Ergebnis zu erzielen.

Wie hoch ist das Risiko des Bauherren?

Das Risiko eines Schadens durch ein Bohrvorhaben ist für den Bauherren äußerst gering, wenn die qualitativen Vorgaben sowie die erforderlichen fachlichen Zertifizierungen berücksichtigt und die genehmigungsrechtlichen Auflagen eingehalten werden. Es verbleibt jedoch ein gewisses Restrisiko hinsichtlich unvorhersehbarer Untergrundverhältnisse, das durch verursacherunabhängige Versicherungen abgesichert werden kann (siehe Seite 19)

Woran erkenne ich ein seriöses Bohrunternehmen?

Ein Bohrunternehmen sollte zunächst über die erforderlichen Zertifizierungen nach DVGW-Arbeitsblatt W120-2 verfügen. Erfragen Sie weiterhin Referenzen entsprechend Region, Bohrtiefe und Größe des Vorhabens.

Wie kann ich mich gegen Risiken versichern?

Für den äußerst unwahrscheinlichen Fall der Fälle kann sich der Bauherr 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 Schadensfälle der Vergangenheit, wo die Geschädigten bis zur Klärung der Schuldfrage in Vorleistung gehen mussten.



Gute Argumente für Erdwärme

1

Höchste Effizienzklassen und maximaler Komfort

Erdgekoppelte Wärmepumpen erreichen im Schnitt die höchsten Jahresarbeitszahlen und bei der EU-Energiekennzeichnung für Wärmeerzeuger die höchsten Effizienzklassen. Durch eine fachgerechte Planung lässt sich eine hohe Effizienz und eine damit verbundene Kostenersparnis erzielen.



3

Erdwärme ist klimafreundlich, da CO₂-Emissionen reduziert werden

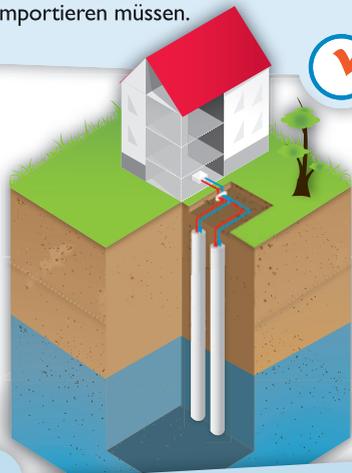
Erdgekoppelte Sole-Wasser-Wärmepumpen sparen laut einer aktuellen Studie der TU München im Bereich des Neubaus in den kommenden 20 Jahren 77 % an nicht erneuerbarer Primärenergie gegenüber einer solarthermisch unterstützten Brennwert-Heiztechnik auf Gas- oder Öl-Basis.



2

Die Energiequelle auf dem eigenen Grundstück

Der Bodenschatz Erdwärme ist eine nachhaltige und unerschöpfliche Wärmequelle und macht uns zunehmend unabhängig von fossilen Energieträgern aus dem Ausland, die wir heute jährlich für viele Milliarden Euro importieren müssen.



4

Mit Erdwärmesonden investieren Sie in eine Wärmequelle, die noch Ihre Enkel nutzen werden

Die Lebensdauer einer zertifizierten und fachgerecht installierten Erdwärmesonde liegt bei 100 Jahren. Damit zahlt sich die Investition in eine Wärmequelle auf dem eigenen Grundstück doppelt aus: Sie steigert den Wert des Hauses und steht auch kommenden Generationen zur Verfügung.



5

Erdwärme ist sauber und lautlos

Erdwärme produziert am Ort der Nutzung keine Emissionen. Sie brauchen keinen Schornstein und gewinnen die Wärme lautlos auf Ihrem Grundstück. Da der Anteil des erneuerbaren Stroms ständig wächst, wird die Erdwärme, ohne dass Sie etwas dafür tun müssen, mit den Jahren immer umweltfreundlicher.



6

Erdwärme ist überall verfügbar

Die von Erdwärmesonden erschlossene Energie stammt aus dem Inneren der Erde und von der Sonne, die das Vielfache des weltweiten Bedarfs kosten- und emissionsfrei zur Verfügung stellt. Dieses Potenzial ist an jedem Ort der Erde nutzbar. Einschränkungen bestehen lediglich in bestimmten Zonen wie Wasserschutzgebieten, in denen Bohrungen nur eingeschränkt erlaubt werden.



7

Erdwärme ist unerschöpflich

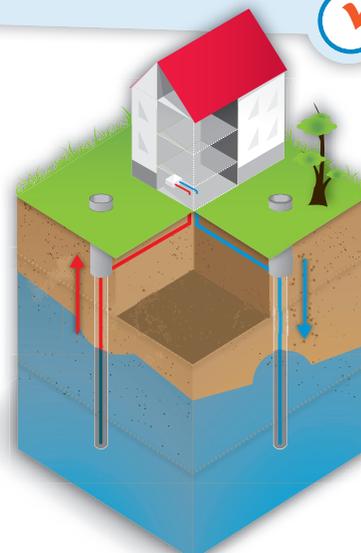
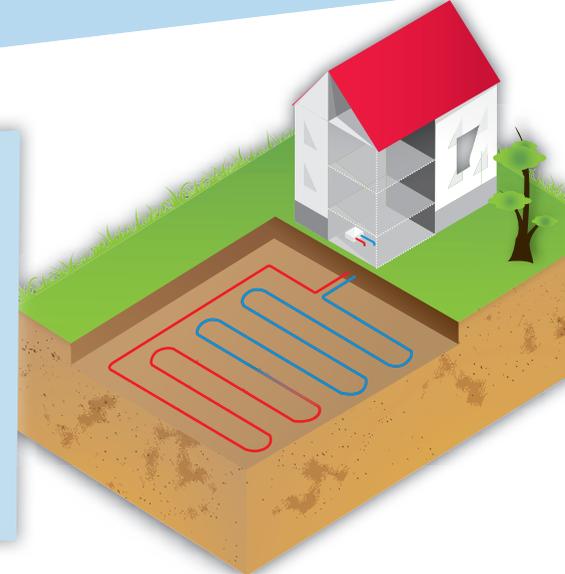
Durch Ihre Entscheidung für die Nutzung von Erdwärme erschließen Sie das natürliche Wärmepotenzial der Erde. Dieses wird sowohl aus dem Erdinneren als auch durch die Energie der Sonne gespeist und ist damit nach menschlichem Maßstab unerschöpflich.



8

Heizen und Kühlen mit der Energie der Erde

Mit der Energie der Erde lässt sich ein Gebäude im Winter beheizen und im Sommer kühlen. Der Untergrund fungiert als Speicher und ermöglicht höchste Effizienz. Nur mit einer erdgekoppelten Wärmepumpe ist die besonders effiziente Form der passiven Kühlung möglich.



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.

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 Bohrggerät 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.

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.

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.

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.

10 Existiert eine Dokumentation aller Arbeiten?

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

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.

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.

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.



Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.

Hauptstraße 3

10827 Berlin

Tel.: 030 208 799 711

Fax: 030 208 799 712

www.waermepumpe.de

Stand: 01/2018 · 4. Auflage

Alle Angaben ohne Gewähr.

© Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.