

Kundenratgeber Erdwärme

Heizen und Kühlen

mit der Energie aus dem Erdreich

Grundlagenwissen und Praxistipps



Vorwort	3
Vorteile der Wärmepumpe auf einen Blick.....	4
Erdwärme in Deutschland: Verbreitung und Potenzial.....	6
Wärmepumpe: So funktioniert's	7
Effizienz von Erdwärmepumpen	8
Erdwärmennutzung: Verschiedene Systeme	10
Erdwärmesonden	15
Checkliste Erdwärmesonden	18
Heizen & Kühlen mit der Wärmepumpe.....	20
Qualitätsstandards.....	22
Kostenkalkulation	24
Staatliche Förderung.....	25
Fachgerechte Planung.....	28
Rechtliche Rahmenbedingungen	30
Zertifizierungen	32
Spezialversicherung	33
Häufige Fragen	34
Impressum	35



Heizen und Kühlen mit erdgekoppelten Wärmepumpen

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.

Eine Wärmepumpe bezieht 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 Erdwärme höchsten Komfort und Versorgungssicherheit. Zudem verschafft Erdwärme Ihnen weitgehende Unabhängigkeit von den Preisschwankungen und Risiken der Rohstoffmärkte für fossile Brennstoffe.

Für die Nutzung von Erdwärme gibt es praktisch keine Einschränkungen – ob im Neubau 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.

Beim Bau oder der Sanierung eines Hauses 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.

Ihr Dr. Martin Sabel
(Geschäftsführer Bundesverband Wärmepumpe e.V.)



Martin Sabel
(Bundesverband
Wärmepumpe e.V.)

Die Wärmepumpe ...

... sichert attraktive staatliche Förderung

... verbindet Komfort mit klimafreundlicher Wärme

... nutzt die Umweltwärme auf Ihrem Grundstück und macht daraus ein Vielfaches an Heizwärme

... reduziert die CO₂-Emission und leistet so einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz

... steigert den Wert Ihres Hauses

... bietet mehr Lebensqualität: behagliche Wärme und angenehme Kühlung aus einem Gerät



Erdwärme ...

... ist überall verfügbar: Die durch Erdwärme erschlossene Energie stammt aus dem Inneren der Erde und von der Sonne

... bietet effiziente Kühlung an heißen Sommertagen

... ist auch bei kleiner Fläche nutzbar

... erreicht höchste Effizienzklassen

... wird in etwa 400.000 installierten Wärmepumpen-Anlagen in Deutschland genutzt

Erdwärme-Anlagen bieten hohe Lebensdauer bei geringem Wartungsaufwand



Erdwärme – sicher und etabliert

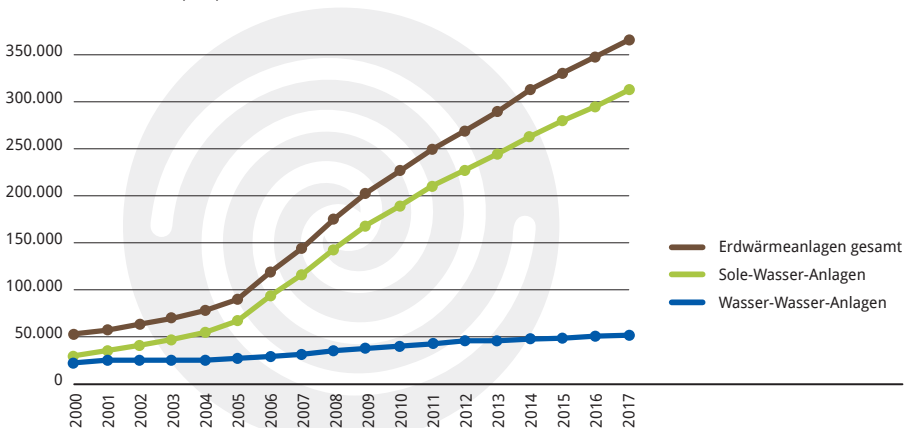
Die Nutzung von Erdwärme zum Heizen, zum Kühlen und zur Warmwasserbereitung ist eine in Europa etablierte und bewährte Technologie. Dabei wird das natürliche Temperaturniveau des Untergrundes mit Hilfe einer Wärmepumpe auf das Niveau des Heizsystems angehoben. Zum Antrieb der Wärmepumpe wird elektrischer Strom benötigt, der jedoch nur einen Bruchteil der erzeugten Wärmeenergie ausmacht.

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.

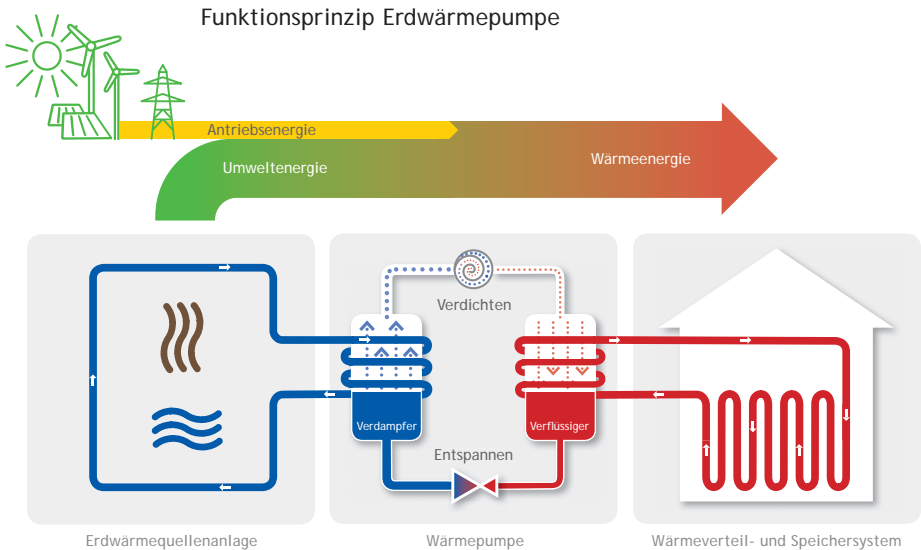
Oberflächennahe Geothermieprojekte in Deutschland

(Anzahl Wärmepumpen 2000–2017)



Quelle: BWP-Branchenstudie 2018

Funktionsweise und Effizienz von Wärmepumpen



Eine erdgekoppelte Wärmepumpen-Heizungsanlage besteht aus drei Teilen: der Erdwärmequellenanlage, die dem Untergrund die benötigte Energie entzieht, der eigentlichen Wärmepumpe, die die gewonnene Erdwärme nutzbar macht sowie dem Wärmeverteil- und Speichersystem, das die Wärme im Haus verteilt oder zwischenspeichert.

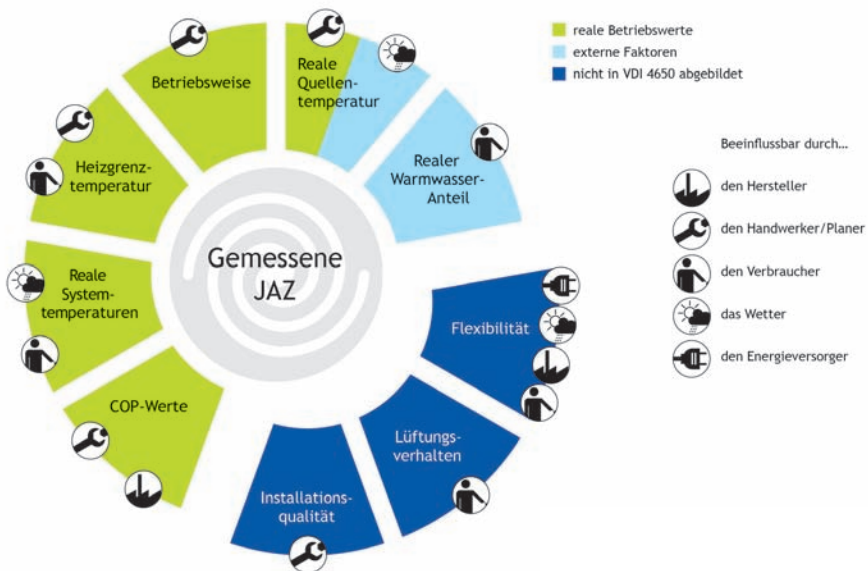
Wärmepumpen nutzen ein Kältemittel, welches bereits bei sehr geringen Temperaturen verdampft. Die zur Verdampfung benötigte Wärmeenergie bezieht die Wärmepumpe aus der Umwelt. Die Erdwärme fließt zu dem kälteren Medium in der Wärmepumpe und wird gleichsam aufgesogen. Das Kältemittel verdampft und wird von der Wärmepumpe so lange verdichtet, bis die zum Heizen erforderliche Temperatur erreicht ist. Wärme wird an das Gebäude abgegeben, das Kältemittel kühlt ab und wird wieder flüssig: Der Kreislauf kann von vorne beginnen.

Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe – Effizienz & Optimierung

Die Effizienz einer Wärmepumpe wird mit der Jahresarbeitszahl (JAZ) ausgedrückt. Diese ergibt sich aus dem Verhältnis der erzeugten Wärmemenge und der hierfür 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. Die 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 Quelltemperatur möglichst hoch gehalten wird, z. B. durch tiefere Bohrungen oder geringere Abkühlung des Untergrundes.

Einflussgrößen auf die Effizienz von Wärmepumpen



Beim Wärmeverteilsystem und Speichersystem 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.

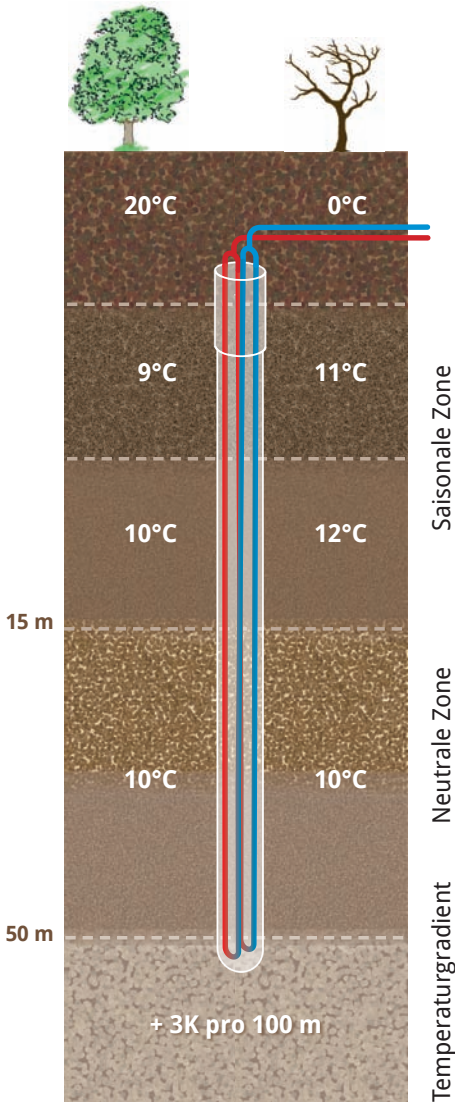
Zwei mehrjährige Feldtests des Fraunhofer Instituts für solare Energiesysteme ISE in Freiburg an ca. 200 Wärmepumpen (Neubau- wie auch Sanierungsobjekte) haben gezeigt, dass bei sorgfältiger Planung und Installation durchaus Jahresarbeitszahlen von über 4 erzielt werden. Dabei schneiden die erdgekoppelten Wärmepumpen am besten ab.

Die Ergebnisse der Feldtests sind unter <http://wp-effizienz.ise.fraunhofer.de> und <http://www.wp-im-gebaeudebestand.de> veröffentlicht.



JAZ – eine wichtige Planungsgröße

Die Jahresarbeitszahl wird von Ihrem Fachhandwerker berechnet: Diese Berechnung nach VDI 4650 Blatt 1 ist eine Prognose unter Annahme verschiedener standardisierter Randbedingungen wie Raumtemperaturen oder Außentemperaturen. Abhängig von den realen Bedingungen und dem Nutzerverhalten können die tatsächlichen Jahresarbeitszahlen mehr oder weniger stark von der Prognose abweichen.



Bodenschatz Erdwärme – nachhaltig und unerschöpflich

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.

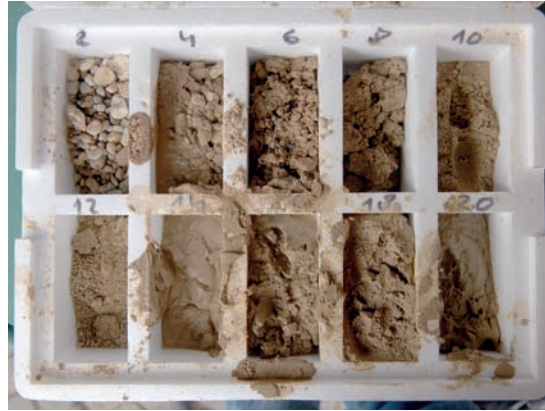


Bei den **geschlossenen Systemen** zirkuliert ein Fluid in horizontal oder vertikal verlegten Rohrleitungen und die Wärmepumpe entzieht diesem Transportmedium die Wärme. Man unterteilt in **Erdwärmekollektoren**, die horizontal verlegt werden und nicht überbaut werden dürfen und in **Erdwärmesonden**,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

Betrachtet man die dargestellte Temperaturverteilung, wird klar, dass Erdwärmesonden 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 Schluckbrunnen wieder in den Untergrund eingeleitet.



Konvektion und Konduktion

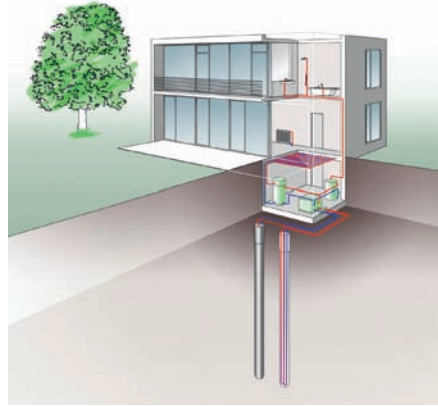
Wird dem Untergrund Wärme entzogen, sorgen Prozesse der Konvektion (Wärmetransport über das fließende Grundwasser) und Konduktion (Wärmetransport vom wärmeren zum kälteren Gestein in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit) für „Nachschub“.

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 Erdwärmeanlage?

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



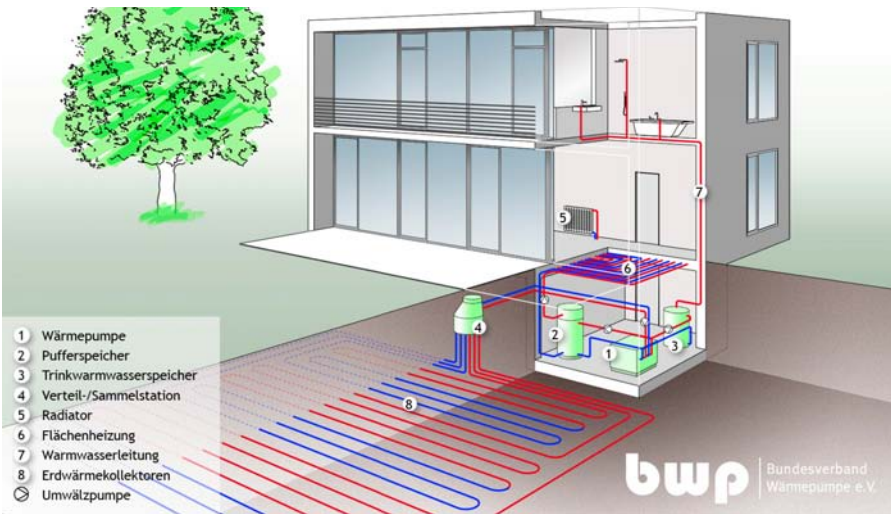
Erdwärmesonden

Erdwärmesonden gehören zu den geschlossenen Systemen und werden über Bohrungen senkrecht in den Untergrund gebracht. In den Sonden zirkuliert gewöhnlich 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/m pro Meter Sondenlänge





Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren gehören ebenfalls zu den geschlossenen Systemen. Sie werden horizontal ca. 120–150 cm tief (frostsicher) verlegt. Voraussetzung ist eine ausreichend große, freie Grundstücksfläche. Die benötigte Kollektorfläche hängt im Wesentlichen vom Wärmebedarf des Hauses und 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.

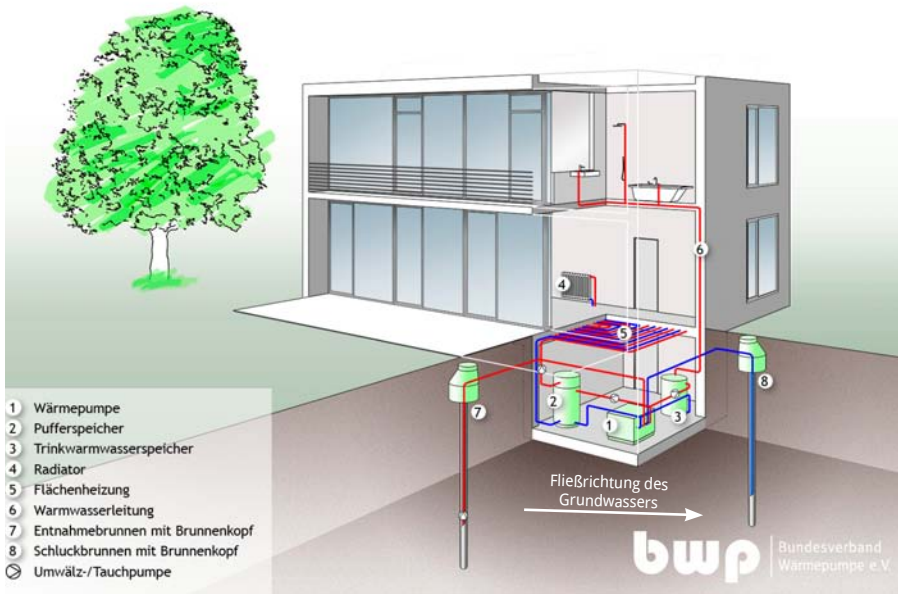
Orientierungsgröße:
8–40 W pro m² Kollektorfläche

Gibt es andere Kollektortypen?

Neben den klassischen horizontalen Kollektoren gibt es eine Vielzahl von kompakten Spezialbauarten, die aufgrund ihrer Bauweise weniger Fläche benötigen als der Flächenkollektor. Erdwärmekörbe können eine eher zylindrische oder konische Form aufweisen, sie nutzen einen größeren Tiefenbereich als der Flächenkollektor. Grabenkollektoren bestehen entweder aus speziellen Modulen, die in Gräben verlegt werden, oder aus Kollektorrohren die entlang der Grabenwände installiert werden. So findet sich für nahezu jede Einbausituation eine passend Bauform zur Nutzung von Erdwärme mit Kollektoren.

Link zum BWP/BDH Informationsblatt „Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren“





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 und müssen in regelmäßigen Abständen überwacht werden. Wichtig ist die Beachtung des Abstandes zwischen Entnahme- und Schluckbrunnen sowie die Anordnung der Brunnen in Fließrichtung des Grundwassers.

Wassermenge und -qualität

Für den nachhaltigen Betrieb einer Wasser/Wasser-Wärmepumpe muss Grundwasser in ausreichender Menge und Qualität verfügbar sein.

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 durchgeführt. 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 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) mehr Bohrmeter und höhere Kosten in Kauf zu nehmen.



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

Erdwärmesonden sind eine sehr platz sparende Form der Energiegewinnung. Sie können weiterhin jeden Quadratmeter Ihres Grundstücks ohne Einschränkungen nutzen!



oben: Die Qualität der Ringraumverfüllung kann mit speziellen Sonden bereits während des Verfüllvorgangs überwacht und dokumentiert werden.

unten: Aus Spezialbaustoff wird mit geeigneten Mixern durch Zugabe von Wasser die flüssige Verfüllsuspension hergestellt.

Das Verfüllen der Bohrlöcher

Um eine **thermisch optimale Anbindung** der Sondenrohre an das Gestein zu ermöglichen, wird in das Bohrloch ein noch **flüssiger Verfüllbaustoff** eingebracht, der sich im Bohrloch verfestigt. 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.

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**



links: Bohrgerät bei der Arbeit

oben: der Verfüllvorgang wird überwacht und dokumentiert

von den zu erwartenden Untergrundverhältnissen. Überschüssiges Bohrgut muss 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 Ausbaurbeiten** werden von den ausführenden Fachfirmen **dokumentiert** und dem Bauherrn

übergeben. Dazu gehören der Lageplan mit Leitungsführung, das Bohrprotokoll, ein geologisches Schichtenverzeichnis, das Verfüllprotokoll und die Druckprüfungen.

Link zur Musterleistungsbeschreibung zur Herstellung von Erdwärmesonden



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

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.

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.

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.

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.

Besteht ein ausreichender Versicherungsschutz?

Gegen eventuelle Schäden können Sie sich auch als Bauherr versichern. Diese Versicherung ist verursacherunabhängig und überbrückt finanzielle Schäden bis zur Feststellung der Schuldfrage. Eine verschuldensunabhängige Versicherung ist Voraussetzung für die Förderung einer Wärmepumpe mit Sondenbohrung!



Link zum Kurzfilm
„1x1 der Erdwärme“

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.

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.

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.

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 ausschließen.

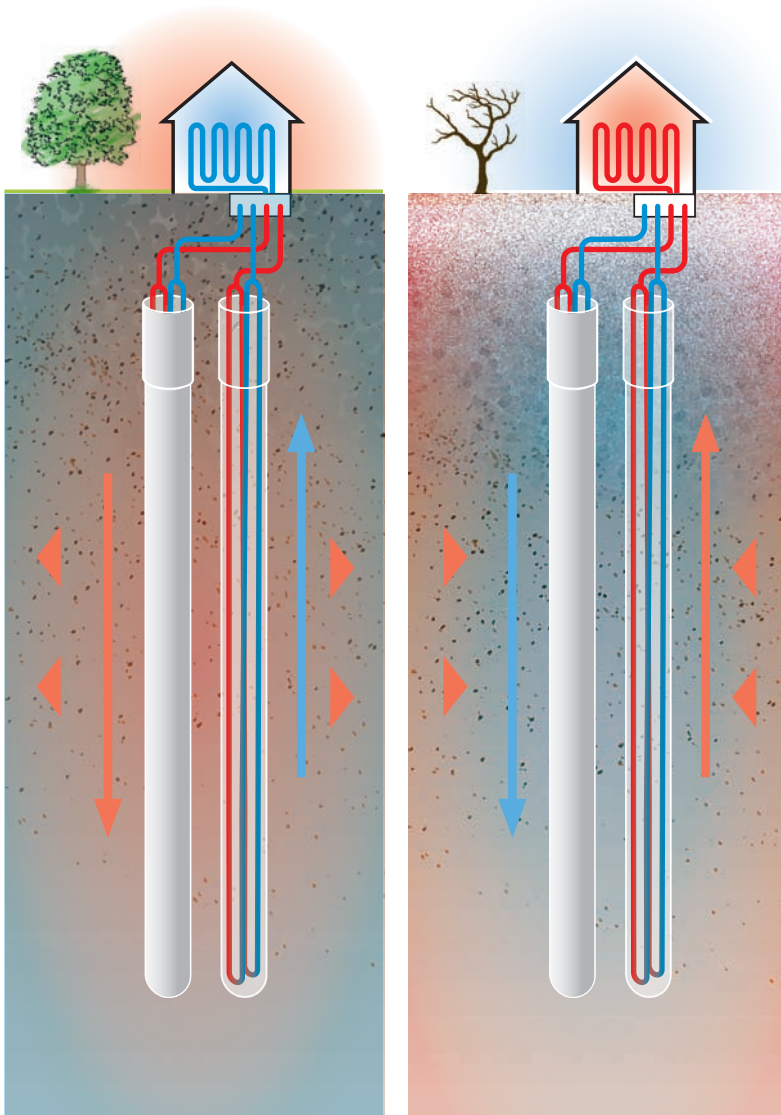
Existiert eine Dokumentation aller Arbeiten?

Selbstverständlich gehört eine Dokumentation aller ausgeführten Arbeiten und die Vorlage der Werkzeugegebnisse nach Abschluss der Arbeiten zu den Rechten des Bauherrn.

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.

Heizen & Kühlen mit der Wärmepumpe



Passive Kühlung mit erdgekoppelten Wärmepumpen

Bei der Nutzung von Erdwärme wird dem Untergrund Wärme entzogen, die aus der natürlichen Wärmeproduktion des Erdinneren stammt.

In heißen Sommermonaten kann das System zum Kühlen verwendet werden. Dadurch findet dann auch eine Regenerierung des Erdreichs statt, d. h., es wird **Überschusswärme aus dem Haus** über Decken- oder Fußbodenheizung ins Erdreich abgeführt und kann im Untergrund eingespeichert werden.

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.



linke Seite: Schematische Darstellung der Wärme- bzw. Kälteverteilung einer Wärmepumpe im Kühlbetrieb (links) und im Heizbetrieb (rechts)

Weitere Infos zum Thema Kühlen mit der Wärmepumpe:



Auf Nummer sicher gehen

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

Die Richtlinie VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrundes“

gilt weltweit als Vorbild bei der Nutzung von Erdwärme. Hier werden die wichtigsten Grundlagen und Planungsschwerpunkte ausführlich zusammengefasst.

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 oder für Fördermittel erforderlich: hörkorn geothermic, *verschuldensunabhängige* Versicherung

Tiefe und Durchmesser der Bohrung

Die Bohrungen haben in der Regel eine Tiefe bis 200 m und einen Durchmesser von 150 mm.

3. Qualität 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
- 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
- **Sicherheitstechnisch** – Schutz des Sondenrohrs vor Beschädigungen
- **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.





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 bis zu 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 Bohrtiefe.

Die **Betriebskosten** sind im Wesentlichen vom Stromverbrauch der Wärmepumpe (also von der Jahresarbeitszahl, siehe Seite 8) abhängig.



Rechenbeispiel Investitionskosten

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

- | | |
|---|---------------|
| ■ Wärmepumpe | ca. 9.000 EUR |
| ■ Bohrung 100 m (inkl. horizontale Anbindung) | ca. 6.000 EUR |

Staatliche Fördergelder: bis zu 50% der Investitionskosten

Wer seine alte Heizung gegen eine Wärmepumpe austauscht, erhält Investitionszuschüsse vom Staat. Der **Förderantrag muss vor Auftragsvergabe gestellt werden**. Planungsleistungen dürfen vor Antragstellung erbracht werden. Der Antrag ist online zu stellen. Zuständig ist das BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (www.bafa.de). Im Neubau wird nur die Errichtung von Effizienzhäusern gefördert, keine Einzelmaßnahmen.

Ist die Heizungsmodernisierung Bestandteil eines im Förderprogramm „Bundesförderung für Energieberatung für Wohngebäude“ geförderten individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP), erhöht sich der Fördersatz um zusätzliche fünf Prozentpunkte. Im Falle einer Vollsanierung können die Wärmepumpe als Einzelmaßnahme und die Maßnahmen an der Gebäudehülle über die Effizienzhausförderung der KfW gefördert werden. Doppelförderungen sind dabei auszuschließen.

	Austausch Ölheizung mit iSFP	Austausch Öl-Heizung	Austausch sonstige Heizung mit iSFP	Austausch sonstige Heizung
Wärmepumpe	50 %	45 %	40 %	35 %
Hybrid: Wärmepumpe und ein anderer erneuerbarer Wärmeerzeuger	50 %	45 %	40 %	35 %
Hybrid: Gas-Brennwert und Wärmepumpe	45 %	40 %	35 %	30 %

Förderfähige Kosten sind die Anschaffungskosten der geförderten Anlage sowie die Ausgaben für Installation und Inbetriebnahme, die Einbindung von Experten für die Fachplanung und Baubegleitung, sowie Ausgaben für notwendige Umfeldmaßnahmen. **Je Wohneinheit können maximal 60.000 Euro als förderfähige Kosten angerechnet werden.** Förderfähig sind nur Maßnahmen, die zum Zeitpunkt der Antragstellung noch nicht beauftragt worden sind.

Weitere Infos finden Sie auf www.bafa.de



Rechenbeispiele

Beispiel 1: Sole-Wasser-Wärmepumpe, Gebäudebestand

- Austausch eines alten Gas-Kessels
- Einbau einer neuen Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor

Fördersumme: 35 % der förderfähigen Kosten

Beispiel 2: Sole-Wasser-Wärmepumpe, Austausch Öl-Kessel, mit iSFP

- Austausch alter Öl-Kessel, Einbau einer neuen Sole-Wasser-Wärmepumpe
- Bohrunternehmen DVGW W120-2 zertifiziert, Abschluß verschuldensunabhängige Versicherung
- Modernisierung der Heizkörper zur Senkung der Vorlauftemperatur
- Maßnahme ist Teil eines individuellen Sanierungsfahrplans

Fördersumme: 50 % der förderfähigen Kosten

Beispiel 3: Erneuerung Sole-Wasser-Wärmepumpe

- Austausch einer alten Sole-Wasser-Wärmepumpe gegen eine neue Sole-Wasser-Wärmepumpe
- Wenn Wärmequelle weiterhin genutzt wird: kein Abschluß einer verschuldensunabhängigen Versicherung erforderlich.

Fördersumme: 35 % der förderfähigen Kosten

Zusätzlich kommen in vielen Fällen regionale und kommunale Förderprogramme hinzu. Informieren Sie sich beim Land über spezielle Förderprogramme für Erdwärme oder Altbaumodernisierung. Gegebenenfalls bietet es sich an, eine Energieberatung einzuplanen.



Hier geht es zum BWP-Förderrechner:
www.waermepumpe.de/foerderrechner

Mit professioneller Hilfe Kosten sparen

Planer unterstützen den Bauherrn 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 viele 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 sieben 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.

Sieben 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.

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.

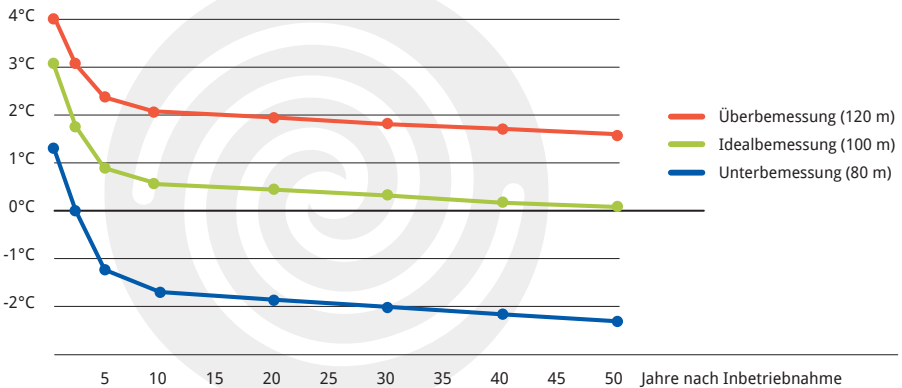
Optimale Auslegung

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

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.



Temperaturentwicklung im Untergrund – Szenarien bei Über- oder Unterbemessung



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 Erdwärmennutzung das **Wasserrecht**, das **Bergrecht** und das **Lagerstättenrecht**.

Die Untere Wasserbehörde 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 die Erschließung höherer 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 etwa 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.

Genehmigungen einholen

Die Beantragung von Genehmigungen bzw. die Anzeige von Bohrvorhaben wird in der Regel von Ihrem Fachplaner oder einem zertifizierten Bohrunternehmen erledigt.

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.



Die Leitfäden der meisten Bundesländer sind hier online abrufbar

Häufige Fragen

■ **Benötigt man eine Genehmigung – kann ich das selbst machen?**

Erdwärmesonden sind 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 6 m zwischen zwei Erdwärmesonden bzw. 3 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. In den anderen Fällen ist es oftmals sinnvoll, weniger Bohrungen niederzubringen und diese dafür tiefer auszuführen.

■ **Kann ich überall bohren und Erdwärme nutzen?**

Prinzipiell ja, es gibt aber aus Sicht des Grundwasserschutzes Verbote bei 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.

Mit Erdwärme auf der sicheren Seite

Die Bohrunternehmen des BWP sind Experten im Bereich von Erdwärmebohrungen. Diese Kompetenz weisen sie durch ein **Zertifikat nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 120-2** (W120-1 für Brunnenanlagen) 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.

Gute Wärmepumpen besitzen ein Europäisches Gütesiegel und ein Qualitätsnachweis nach VDI 4645 Blatt 1 zeigt Fachkenntnisse für Planer und Errichter. Einzu-sehen ist die Liste der ausgezeichneten Produkte und Fachpartner unter **www.waermepumpe.de**.



Hier finden Sie eine Reihe von Referenzanlagen:
www.waermepumpe.de/presse/referenzobjekte



www.bauenaufderwaerme.de
und
www.erdwaermeliga.de/projekte

Absicherung des Restrisikos von Schäden durch Bohrvorhaben

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.

Insbesondere Sachschäden als Folge von Erdhebung, Erdsenkung, Erdbeben, Erdbeben, Erdbeben, Anschnitt 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.



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



Wie hoch ist das Risiko des Bauherrn?

Das Risiko des Bauherrn ist bei 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 versacherunabhängige Versicherungen gedeckt werden kann (siehe Seite 33).

Woran erkenne ich ein seriöses Bohrunternehmen?

Ein Bohrunternehmen sollte zunächst über die erforderlichen Zertifizierungen nach DVGW-Arbeitsblatt W120-2 (für Brunnenanlagen W120-1) verfügen. Erfragen Sie weiterhin Referenzen hinsichtlich Region, Bohrtiefe und Größe des Vorhabens.

Wie kann ich mich gegen Risiken versichern?

Im 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 aktuelle Schadensfälle, wo die Geschädigten bis zur Klärung der Schuldfrage in Vorleistung gehen mussten.

Kann ich Erdwärme auch in meinem bestehenden Haus nutzen?

Ja. Zu beachten sind haustechnische Randbedingungen, damit die Wärmepumpe effizient arbeiten kann. Gegebenenfalls sind Dämmmaßnahmen oder eine Modernisierung der Wärmeverteilung sinnvoll, um den Energiebedarf des Gebäudes zu reduzieren und das bestehende Heizsystem mit niedrigeren Vorlauftemperaturen betreiben zu können.

Der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V. ist ein Branchenverband mit Sitz in Berlin, der die gesamte Wertschöpfungskette umfasst. Zu den über 500 Mitgliedsunternehmen gehören Handwerker, Planer und Architekten sowie Bohrfirmen, Heizungsindustrie und Energieversorgungsunternehmen.

Unsere Mitglieder beschäftigen im Wärmepumpen-Bereich rund 15.800 Mitarbeiter und erzielen über 1,2 Mrd. Euro Umsatz. Die Wärmepumpen-Hersteller, die sich im BWP organisieren, repräsentieren 95 Prozent des deutschen Absatzmarktes.

Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.
Hauptstraße 3
10827 Berlin

Kontakt

E-Mail: info@waermepumpe.de
Telefon: +49 (0)30 208 799 711

www.waermepumpe.de

Die Inhalte des Ratgebers wurden sorgfältig erarbeitet. Dabei wurde Wert darauf gelegt, zutreffende und aktuelle Informationen zur Verfügung zu stellen. Dennoch ist jegliche Haftung für Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen ausgeschlossen.

Copyright: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.

Redaktion: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.

Layout/Grafiken: Marit Roloff Grafik Design, Berlin

Bildnachweis: Titel: © iStock.com/skynesher; S.2: © iStock.com/Tero Vesalainen, © iStock.com/shapecharge; S.3: © BWP e. V.; S.4/5: © iStock.com/Martin-dm; S. 9 © GeoCollect GmbH; S.33: © iStock.com/Asvolas

Stand: 01-2021



www.heizen-im-gruenen-bereich.de

Eine Kampagne des



Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.
Hauptstraße 3
10827 Berlin

Telefon: +49 (0)30 208 799 711
E-Mail: info@waermepumpe.de

www.waermepumpe.de

© Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.