

Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz



Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Oberflächennahe Geothermie

Heizen und Kühlen
mit Energie aus dem Untergrund

Ein Überblick für Bauherren,
Planer und Fachhandwerker
in Bayern



1 **Vorwort**

Grundlagen und Technik

- 2 Oberflächennahe Geothermie
3 Wärmepumpe
5 Erdwärmekollektor
6 Erdwärmesonde
8 Grundwasser-Wärmepumpe
9 Erdberührte Betonbauteile

Geologie und Hydrogeologie

- 10 Geologie
12 Hydrogeologie

Genehmigung

- 13 Erdwärmekollektor
13 Erdwärmesonde
13 Grundwasser-Wärmepumpe
13 Erdberührte Betonbauteile

Praktische Informationen

- 14 Fördermöglichkeiten
15 Hinweise
15 Weitere Informationen
16 Weiterführende Literatur

Initiative klimafreundliches Bayern

Energie ist eine wertvolle Ressource, mit der wir sparsam umgehen müssen. Besonders viel versprechende Einsparpotenziale bietet in unseren Breiten die Wärmeversorgung der Gebäude. Rund 40 % des Endenergieverbrauchs, also fast jede zweite Kilowattstunde der in Deutschland eingesetzten Energie, fließen in Raumheizung und Warmwasserbereitung. Durch sparsamen und effizienten Energieeinsatz können gerade im Gebäude- und Heizungsbereich in erheblichem Maß fossile Energieträger geschont, CO₂-Emissionen verringert und wichtige Beiträge zum Klimaschutz geleistet werden. Neben modernem baulichem Wärmeschutz und Heizungsmodernisierung bietet hier auch der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien einen möglichen Ansatzpunkt.

Im Untergrund der Erde ruht ein erhebliches Potenzial an geothermischer Energie. Neben der Erschließung heißer Wasservorkommen in größeren Tiefen, die auch als hydrothermale Tiefengeothermie bezeichnet wird, bietet die oberflächennahe Geothermie die Möglichkeit, Erdwärme der oberen Erdschichten zu nutzen. Mithilfe einer Wärmepumpe kann diese ansonsten nicht nutzbare Umweltenergie auf das für die Raumheizung oder Warmwasserbereitung notwendige Temperaturniveau angehoben werden. Diese erdgekoppelten Wärmepumpen sind bei ordnungsgemäßer Ausführung unter Beachtung wasserrechtlicher und geologischer Voraussetzungen eine technisch bewährte, zuverlässige und wirtschaftlich interessante Möglichkeit regenerative Energien zu nutzen.

Diese Broschüre informiert Sie über den aktuellen Stand der technischen Lösungen für Ein- und Mehrfamilienhäuser, über die rechtlichen Genehmigungsverfahren und über Links zu weiterführenden Informationen.

Ihre Staatsministerien

für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie



Oberflächennahe Geothermie

Zukunftssichere Energie mit erheblichem CO₂-Einsparpotenzial

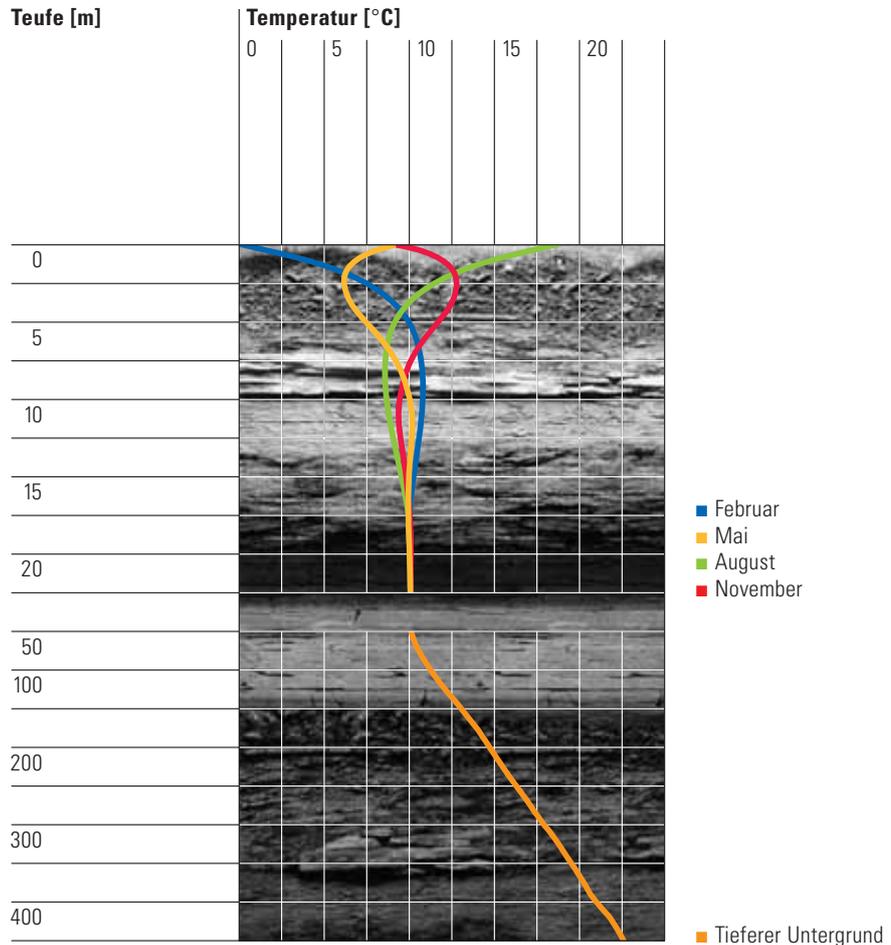
Geothermische Energie oder »Erdwärme« ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der Oberfläche der festen Erde. Die oberflächennahe Geothermie umfasst die Erschließung von Erdwärme in Tiefen von 1 bis ca. 400 m.

Die Erdwärme der oberen Bodenschichten bis etwa 100 m Tiefe ist zum einen gespeicherte Sonnenenergie, zum anderen Energie aus dem Erdinneren. So ist der Temperaturverlauf bis rund 10 m unter Geländeoberkante durch die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede geprägt. Ab ca. 15 m Tiefe ist er über das Jahr hinweg nahezu konstant und nimmt aufgrund des aufwärtsgerichteten Wärmestroms aus dem Erdinneren kontinuierlich um rund 3 °C pro 100 m Tiefe zu.

Da der Temperaturbereich mit durchschnittlich 8–12 °C zum direkten Heizen zu gering ist, wird er mittels erdgekoppelter **Wärmepumpe** auf das benötigte Niveau, in der Regel 35–55 °C, angehoben. Hierfür wird das aufgrund des großen Speichervolumens und der ganzjährig gleichmäßigen Untergrundtemperatur immense Erdwärmepotenzial über **Erdwärmekollektor, Erdwärmesonde, Grundwasserbrunnen oder erdberührte Betonbauteile** erschlossen. Bis zu 80 % der so gewonnenen Heizenergie stammen aus dem Untergrund – emissionsfrei und klimaneutral.

Innovative Techniken nutzen jedoch den Untergrund nicht nur zum Heizen, sondern auch als **Kältequelle** und zum Speichern **thermischer Energie** (solarthermische Energie, Prozesswärme, saisonale Wärme- oder Kälteenergie). Speziell bei der Raumkühlung kann häufig auf den Einsatz von Kältemaschinen verzichtet werden, weshalb derartige Anlagen hinsichtlich Stromverbrauch, Betriebssicherheit und Ökobilanz konventionellen Klimaanlagen überlegen sind.

Die Auswahl der Wärmequelle (Erdreich, Grundwasser) und der technischen Variante zur Erschließung (Erdwärmekollektor, Erdwärmesonde, Grundwasserbrunnen) richtet sich nach den örtlichen Untergrundverhältnissen und der hydrogeo-



logischen Situation sowie dem oberirdischen Platzangebot und den anwendungsspezifischen Bedürfnissen. Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ist auf ein möglichst hohes Temperaturniveau, eine ausreichende Regenerationsfähigkeit und eine ganzjährige Verfügbarkeit der Wärmequelle zu achten. Die Erschließung der Wärmequelle sollte kostengünstig möglich sein und im Betrieb einen geringen Wartungsaufwand verursachen.

Geothermie und Nutzen

- Heizwärme
- Warmwasser
- Kühlen
- Energiespeicherung

Geothermie und Umwelt

- Minderung der CO₂-Belastung
- geringer Flächenverbrauch
- bei fachgerechtem Bau unbedenklich für Boden und Grundwasser

Geothermie und Komfort

- nahezu unerschöpfliche Reserve
- ganzjährig und bedarfsgerecht verfügbar
- keine Brennstoffbevorratung, kein Kamin
- gefahrloser Betrieb
- vollautomatisch und komfortabel

Geothermie und Einsatzbereiche

- Einfamilienhaus bis Wohnsiedlung
- Büro- und Verwaltungsgebäude
- Kindergärten, Schulen, Krankenhäuser, Museen, Schwimmbäder, Sport- und Freizeitanlagen
- Werks- und Montagehallen, Gewächshäuser, Hotels u.v.m.

Wärmepumpe

Umweltschonend Heizen und Kühlen –
Wärmepumpen sparen Energie
und vermindern Emissionen



Erdwärmepumpe (Sole/Wasser) zum Heizen und zur Warmwasserbereitung in einem Einfamilienhaus.

Die **Wärmepumpe** ermöglicht es, Wärme aus dem Untergrund durch den Einsatz mechanischer oder thermischer Antriebsenergie von einem niedrigen Temperaturniveau auf ein zum Heizen und zur Warmwasserbereitung nutzbares Niveau anzuheben. Dem Prinzip nach kann sie auch in umgekehrter Weise als **Kältemaschine** genutzt werden, wie es vom Kühlschrank her bekannt ist. Das Pumpen von thermischer Energie geschieht in einem geschlossenen Kreisprozess durch ständiges Ändern des Aggregatzustandes eines **Arbeitsmittels**.

Eine **Wärmepumpen-Heisanlage** besteht aus den Komponenten: Wärmequellenanlage (z. B. Erdwärmesonde), Wärmepumpe und Wärmenutzungsanlage (z. B. Fußbodenheizung). Wird die Wärme nutzungsanlage durch die Wärmepumpe allein versorgt, spricht man von **monovalenter** Betriebsweise. Ist neben der Wärmepumpe noch ein weiterer Wärmeerzeuger in die Anlage eingebunden, spricht man von **bivalenten** Betriebsweise. Nutzt der weitere Wärmeerzeuger den gleichen Energieträger wie die Wärmepumpe, z. B. Strom oder Gas, dann arbeitet die Anlage **monoenergetisch**.

Grundsätzlich unterscheidet man Absorptions- und Kompressionswärmepumpen. Die größte Verbreitung in Verbindung mit Erdwärme hat die elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpe, auch »**Elektrowärmepumpe**« genannt.

Gasbetriebene Kompressions- und Absorptionswärmepumpen arbeiten vor allem in Großanlagen wirtschaftlich.

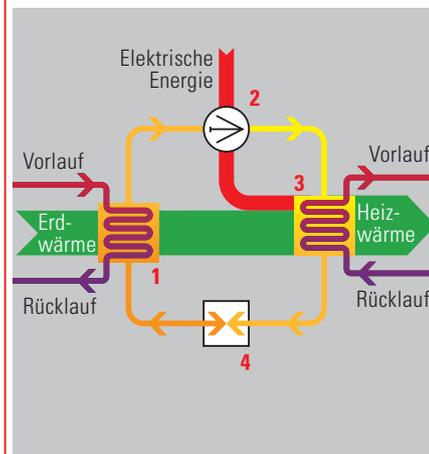
Die Wärmepumpe arbeitet umso effizienter, je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeverbraucher ist. Die Erdwärme mit ihrer relativ geringen, aber ganzjährig stabilen Durchschnittstemperatur wird daher am wirtschaftlichsten in Kombination mit einem **Niedertemperatur-Heizsystem** wie z. B. der Fußbodenheizung genutzt.

Für die Warmwasserversorgung werden höhere Temperaturen bis ca. 65 °C benötigt. Hierfür kann die Wärmepumpe der Heizung direkt verwendet werden. Alternativ kann man auch eine zweite, kleinere Brauchwasser-Wärmepumpe integrieren. Energetisch am günstigsten ist jedoch die Ergänzung durch eine solarthermische Anlage.

Das Funktionsprinzip

Der Energietransfer in Wärmepumpen erfolgt als thermodynamischer Kreisprozess. Große Bedeutung hat dabei das Arbeitsmittel, das bei niedrigen Temperaturen unter Aufnahme bzw. Abgabe von Wärmeenergie seinen Aggregatzustand (flüssig/gasförmig) ändert. Der geschlossene Kreisprozess in einer Kompressionswärmepumpe ist wie folgt:

- 1 im Verdampfer nimmt das kalte flüssige Arbeitsmittel Energie aus der Wärmequelle Umwelt auf und verdampft;
- 2 der Kompressor verdichtet das dampfförmige Arbeitsmittel unter Verbrauch mechanischer bzw. elektrischer Energie und erhitzt es dadurch zu so genanntem Heißgas;
- 3 das Heißgas gibt im Kondensator seine thermische Energie an das Heizsystem ab und kondensiert zu warmem flüssigem Arbeitsmittel;
- 4 das warme flüssige Arbeitsmittel wird am Expansionsventil entspannt, wodurch seine Temperatur abrupt abnimmt. Im Verdampfer beginnt der Kreislauf von neuem.



Der Energiegewinn

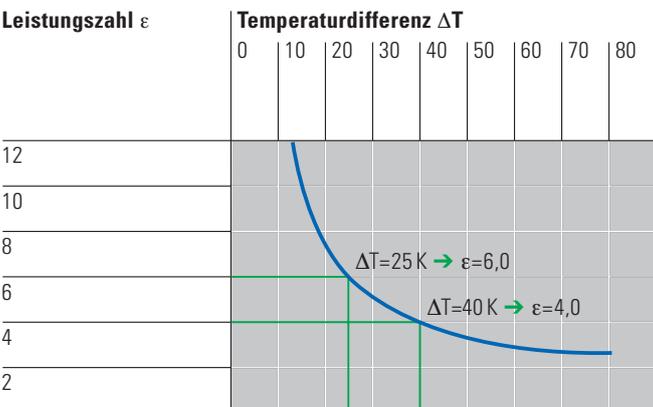
Die als Heizwärme verfügbare Gesamtenergie einer Wärmepumpe setzt sich aus der Energie, die der Umwelt entzogen wird, plus der Antriebsenergie zusammen. Die Qualität einer Wärmepumpe wird durch die auf dem Prüfstand ermittelte **Leistungszahl ϵ** beschrieben.

Aussagekräftig für die Qualität der gesamten Wärmepumpen-Heizanlage ist die im Einsatz ermittelte **Jahresarbeitszahl β_a** , welche u.a. alle von der Heizanlage benötigten Hilfsenergien (z.B. Umwälzpumpen) berücksichtigt.

$$\epsilon = \frac{\text{momentan abgegebene Wärmeleistung [kW}_{\text{therm.}}]}{\text{momentan aufgenommene Antriebsleistung [kW}_{\text{elektr.}}]}$$

$$\beta_a = \frac{\text{jährlich abgegebene Wärmeenergie [kWh}_{\text{therm.}}]}{\text{jährlich aufgenommene Antriebsenergie [kWh}_{\text{elektr.}}]}$$

In jedem Fall hängen die Kennwerte ϵ und β_a von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeverbraucher ab: je geringer diese Differenz ΔT , desto wirtschaftlicher arbeitet die Wärmepumpe bzw. Heizanlage. In der Praxis bewirkt die Verringerung von ΔT um je 1 K (1 Kelvin entspricht 1 °C) eine Stromersparnis bis zu 2,5 %.



Die Leistungszahl ϵ als Funktion der Temperaturdifferenz ΔT zwischen Verdampfer und Verflüssiger ($T_0 = 273 \text{ K}$).

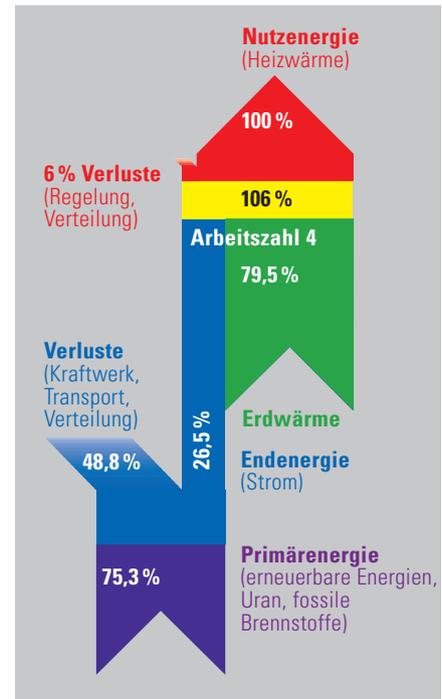
Die Ökologie

Optimal ausgelegte erdgekoppelte Wärmepumpen-Heizanlagen können heute Heizwärme bis zu 80 % aus der Umwelt und nur zu 20 % aus der Hilfsenergie Strom beziehen. Sie sind damit sowohl hinsichtlich **Primärenergieverbrauch** als auch hinsichtlich Emission von **Kohlendioxid (CO_2)** konventionellen Brennstoff-Heizsystemen deutlich überlegen.

Der Einsatz ozon- und klimaschädigender **Wärmepumpen-Arbeitsmittel** wie Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) ist mit der deutschen FCKW-Halon-Verbotsverordnung in Neuanlagen seit 1995 (R11, R12, R502) bzw. 2000 (R22) untersagt. Heute kommen neuartige synthetische Gemische und vor allem natürliche Arbeitsmittel überwiegend ohne **relevantes Treibhauspotenzial** und ohne jegliches **Schädigungspotenzial für stratosphärisches Ozon** zum Einsatz.

Die häufig eingesetzten modernen Gemische sind R134a und R407C, das häufigste natürliche Arbeitsmittel ist R290. Dank konsequenter Weiterentwicklung der Anlagentechnik gewinnen weitere natürliche Arbeitsmittel wie das völlig klimaneutrale Ammoniak (R717) und das aus ökologischer und sicherheitstechnischer Sicht nahezu ideale Kohlendioxid (R744) immer mehr an Bedeutung.

Zu beachten ist, dass die meisten Arbeitsmittel als wassergefährdende Stoffe eingestuft werden und Maßnahmen zum Schutz von Boden und Grundwasser notwendig machen.



Energieflussdiagramm einer Erdwärmepumpen-Heizanlage mit einer Arbeitszahl von 4.

Wärmepumpe

■ die klimafreundliche Heiztechnik

Wärmepumpen mindern die CO_2 -Emission¹⁾ gegenüber modernen Ölkesseln um 45–55 %, gegenüber Gas-Brennwertkesseln um 20–30 %. Die modernen Arbeitsmittel der Wärmepumpe sind ozonneutral;

■ die effiziente Heiztechnik

Wärmepumpen sparen gegenüber modernen Ölkesseln 30–45 %, gegenüber Gas-Brennwertkesseln 20–35 % Primärenergie;

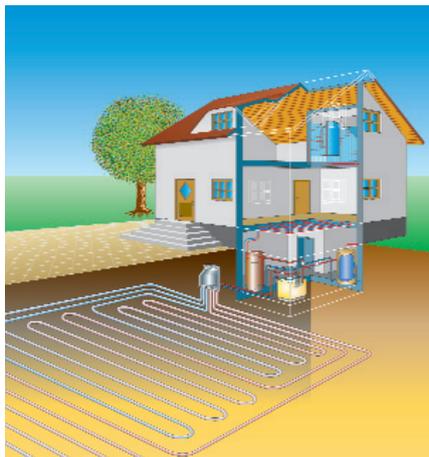
■ die zukunftsorientierte Heiztechnik

Die Technik der Wärmepumpe gilt heute als ausgereift. Gegenüber fossilen Brennstoff-Heizsystemen wird ihr aber noch ein erhebliches Entwicklungspotenzial eingeräumt.

¹⁾ bezogen auf deutschen Strommix, im bayerischen Strommix sogar bis zu 80 % bzw. 70 %
Quelle: VDI 4640; BWP e.V.; Bay StMWVT 7/2001

Erdwärmekollektor

die andere Art der Solarheizung



Erdwärmekollektoren sind Wärmetauscher üblicherweise aus HDPE-Kunststoff, die als **Rohrregister** oder **Kapillarrohrmatten** horizontal in einer Tiefe von rund 0,2 m unter der örtlichen Frostgrenze (ca. 1,0–1,2 m) verlegt werden. Bei Registerausführung verlaufen die Rohre im Abstand von 0,3–0,8 m parallel zueinander, sodass je 1 m² Entzugsfläche ca. 1,3–3 m Rohr verlegt werden. Im Kollektor zirkuliert als Trägerflüssigkeit ein Wasser-Frostschutzmittelgemisch (**»Sole«**), das die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und an die Wärmepumpe weiterleitet.

Erdwärmekollektoren nutzen gespeicherte Sonnenenergie, die durch direkte Einstrahlung, Wärmeübertragung aus der Luft und durch Niederschlag in das Erdreich übergeht. Systembedingt unterliegt der Erdwärmekollektor den jahreszeitlichen Temperatureinflüssen, weshalb die Wärmepumpe in den Zeiten des größten Wärmebedarfs mit den ungünstigsten Wärmequellentemperaturen auskommen muss. Dem Risiko geringerer Arbeitszahlen und höherer Betriebskosten in ungewöhnlich langen Kälteperioden begegnet der erfahrene Planer durch entsprechende Sicherheitszuschläge in der Auslegung. Die Regeneration der entzogenen Wärme ist aufgrund der Jahreszyklen grundsätzlich immer gegeben.

Der Erdwärmekollektor zeichnet sich durch vergleichsweise geringe Investitionskosten aus, benötigt aber eine nicht über-



Einbau eines »Ökopfahl-Kollektors« in die mittels Mantelrohr stabilisierte Greiferbohrung.

baubare Freifläche von in der Regel 1,5- bis 2-mal der zu beheizenden Fläche. Deshalb kommen zunehmend auch flächensparende Sonderformen wie der **Grabenkollektor**, der **Künnettenkollektor** und der **Erdwärmekorb** (**»Ökopfahl«**) zum Einsatz. Hier wird die Erdwärme über Rohre gewonnen, die in meist mittels Bagger ausgehobenen Gräben und Bohrlöchern installiert sind.

Eine energetisch optimierte und zudem flächensparende Sonderform ist das **Direktverdampfersystem**, bei dem das Arbeitsmedium der Wärmepumpe direkt in kunststoffummantelten Kupferrohr-Kollektoren zirkuliert.



Plus

- unaufwändig bzgl. Auslegung und Einbau
- geringere Anschaffungskosten
- hohe Lebensdauer
- nahezu überall einsetzbar

Minus

- hoher Flächenbedarf; Überbauung/Versiegelung der Fläche nicht möglich

Genehmigung

- wasserrechtliche Behandlung nur in Ausnahmefällen

Anlagenauslegung

- Wärmepumpentyp: Sole/Wasser oder Direktverdampfersystem
- Anwendung: Heizen, Warmwasserbereitung; seltener auch Kühlen und Energiespeicherung
- Betriebsart: üblicherweise monovalent; zweckmäßig in Kombination mit Solarthermieanlagen
- mittlere Jahresarbeitszahl: bis 4
- spezifische Entzugsleistung¹⁾: 10–40 W/m² je nach Höhenlage, geologischen Verhältnissen und Kollektortyp
- Kollektorfläche: 15–30 m² pro 1 kW Heizleistung
- (Künnettenkollektor: 5–6 lfm Graben pro 1 kW Heizleistung; Grabenkollektor: 2–3 lfm Graben pro 1 kW Heizleistung)

¹⁾ jährliche Betriebsdauer ca. 1.800–2.400 h



Einbau eines Kapillarrohrmatten-Erdwärmekollektors bei einem Neubauprojekt.

Einbau eines Rohrregister-Erdwärmekollektors bei einem Neubauprojekt.

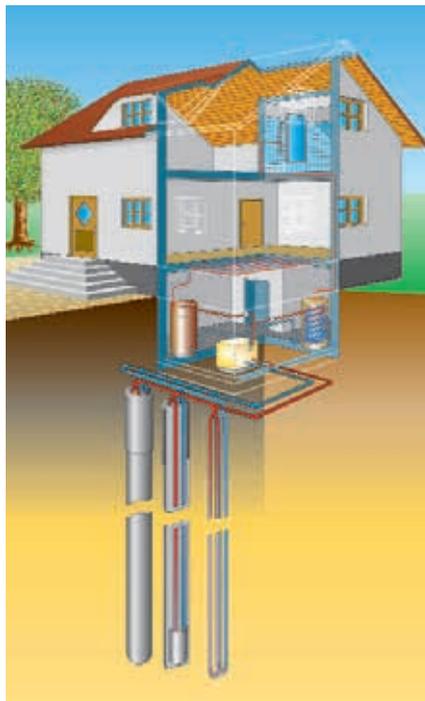
Erdwärmesonde

zuverlässig, weit verbreitet
und nicht nur zum Heizen

Die Erdwärmesonde ist eine meist vertikale Bohrung, in die ein oder zwei **U-Rohre** oder seltener auch ein **Koaxial-Rohr** üblicherweise aus HDPE-Kunststoff als Wärmetauscher eingebracht sind. Um den Wärmefluss vom Erdreich zu den Wärmetauscherrohren zu gewährleisten, wird die Bohrung mit einem hoch wärmeleitfähigen, dauerhaft abdichtenden Spezialzement verpresst. Den Energietransport zur Wärmepumpe übernimmt wie beim Erdwärmekollektor in den Tauscherrohren zirkulierende Sole.

Die Erdwärmesonde erschließt den natürlichen aufwärts gerichteten Wärmefluss aus dem Erdinneren, weshalb sie unter weitgehend konstanten Temperaturbedingungen arbeitet. Hieraus resultiert eine gleichmäßig hohe Arbeitszahl bei entsprechend geringen Betriebskosten. Die entzogene thermische Energie wird im reinen Heizbetrieb durch nachfließende Wärme aus dem Untergrund ersetzt, im kombinierten Heiz-Kühlbetrieb auch durch die übertag anfallende Abwärme.

In Deutschland werden die Sonden in der Regel bis in Tiefen von 30–100 m abgeteuf. Tiefen größer als 100 m sind aus technischen und wirtschaftlichen Gründen eher selten. Sonden bis ca. 30 m Tiefe werden üblicherweise für die Speicherung von saisonaler Wärme (Solarwärme, Prozesswärme, Abwärme aus der Raumkühlung) verwendet, die bei Bedarf dann zum Heizen zur Verfügung steht. Der Einsatz von Erdwärmesonden reicht von ein bis zwei Sonden zur Wärmeversorgung von Einfamilienhäusern bis hin zu Multisondensystemen zur Wärme- und Kälteversorgung von Groß-, Gewerbe- und Industriebauten oder ganzen Siedlungen.



Voraussetzung für Planung und Bau von Erdwärmesonden ist die genaue Kenntnis der Bodenbeschaffenheit, der Schichtenfolge und der Grundwasserverhältnisse. Bei Heizungsanlagen mit einer Heizleistung bis 30 kW kann die thermische Auslegung empirisch nach Tabelle oder Nomenogramm gemäß VDI 4640 – Blatt 2 erfolgen. Bei größeren Anlagen ist eine Auslegung mittels computergestützter Simulation üblich. Hierfür erfolgt in der Regel eine geologische Vorerkundung mittels Probebohrung und eine Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mittels physikalischer Verfahren wie z. B. dem »**thermischen Response-Test**«.

Erdwärmesonden bedürfen regelmäßig einer Bohr- und Nutzungsanzeige, gegebenenfalls auch einer wasserrechtlichen Erlaubnis nach WHG/BayWG. In Wasserschutzgebieten und bei besonderen hydrogeologischen Verhältnissen sind sie grundsätzlich untersagt. Bohrungen mit einer Teufe über 100 m müssen nach BBergG bei der Bergbehörde angezeigt werden.

Die Bohrarbeiten sollten nur von Betrieben vorgenommen werden, die das »Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrunternehmen« (BWP) besitzen oder zumindest eine gültige Zertifizierung nach DVGW-Arbeitsblatt W 120 in den Gruppen G1 und/oder G2 nachweisen können.



Zementation der eingebauten Doppel-U-Erdwärmesonde.

Fuß der Wärmetauscherrohre einer Doppel-U-Erdwärmesonde.



Bohrarbeiten für eine Erdwärmesonde an einem Einfamilienhaus.

Einbau einer Doppel-U-Erdwärmesonde in die abgeteufte Bohrung.

Plus

- geringer Flächenbedarf, überbaubar
- hohe Arbeitszahl, geringe Betriebskosten
- sehr hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer
- Heizen, Kühlen und Speichern möglich

Minus

- aufwändiger in Auslegung und Einbau
- höhere Anschaffungskosten
- je nach hydrogeologischen Verhältnissen nur eingeschränkt einsetzbar

Genehmigung

- anzeigepflichtig, z.T. erlaubnispflichtig (WHG/BayWG)
- die Hinzuziehung eines Fachplaners ist zu empfehlen

Anlagenauslegung

- Wärmepumpentyp: Sole/Wasser
- Anwendung: Heizen, Warmwasserbereitung, Kühlen, Energiespeicherung
- Betriebsart: monovalent Heizen oder Kühlen; ideal in Kombination mit Solarthermieanlagen
- mittlere Jahresarbeitszahl: bis 4,5
- spezifische Entzugsleistung¹⁾: 20–80 W/m, je nach (hydro-)geologischen Verhältnissen
- Sondenlänge: je nach Anwendung, Wärmebedarf und (hydro-)geologischen Verhältnissen; üblicherweise 1 x 80 bis 2 x 100 m (Einfamilienhaus)

¹⁾ jährliche Betriebsdauer ca. 1.800–2.400 h, nur Wärmeentzug, Leistung Heizungsanlage < 30 kW

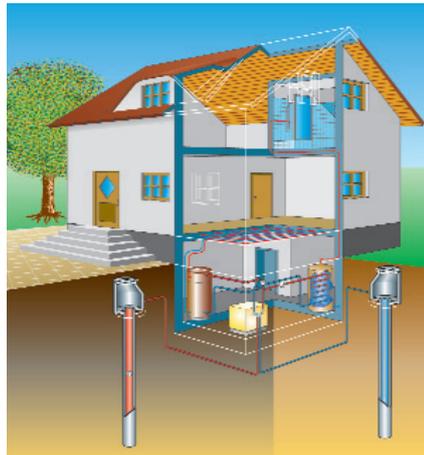
Grundwasser-Wärmepumpe

garantiert hohe Jahresarbeitszahlen

Je nach Standort kann zur Gewinnung geothermischer Energie auch unmittelbar oberflächennahes Grundwasser verwendet werden. Hierfür wird das Grundwasser meist über einen **Förderbrunnen** erschlossen, mittels Unterwasserpumpe direkt zur Grundwasser-Wärmepumpe gefördert und in einem **Schluckbrunnen** dem genutzten Grundwasserkörper wieder zugeführt. Daher sind in der Regel zwei Brunnen notwendig, die zur Vermeidung eines thermischen Kurzschlusses im Untergrund in ausreichendem Abstand zueinander in Grundwasserfließrichtung liegen müssen. Steht am Standort Grundwasser in Form von Quellwasser zur Verfügung, so kann gegebenenfalls auch dieses als Wärmequelle genutzt werden.

Grundwasser-Wärmepumpenanlagen können das ganze Jahr über konstant hohe Wärmequellentemperaturen von rund 8–10 °C nutzen und vermeiden Wärmetauscherverluste im Untergrund. Dies ermöglicht hohe Jahresarbeitszahlen und speziell in Anlagen ab 10 kW Heizleistung einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber Erdwärmesonden. Deshalb empfiehlt sich die Wärmegegewinnung mittels Grundwasserwärmepumpe, sobald ein geeignetes oberflächennahes Grundwasservorkommen vorhanden ist. Aufgrund der mit zunehmender Tiefe stark ansteigenden Brunnenbau- und Betriebskosten liegt die Wirtschaftlichkeitsgrenze der Grundwassernutzung je nach Anlagengröße und Untergrundverhältnissen bei Brunnen-tiefen zwischen 20 und 50 m.

Die Brunnenleistung hängt vor allem von den hydrogeologischen Gegebenheiten ab und muss eine Dauerentnahme für den Nenndurchfluss der angeschlossenen Wärmepumpe gewährleisten. Dieser beträgt ca. 0,25 m³/h pro 1 kW Verdampferleistung bei einer Abkühlung (Heizbetrieb) oder Erwärmung (Kühlbetrieb) von maximal 6 Kelvin. Für ein Einfamilienhaus beispielsweise mit einer benötigten Heizleistung von 15 kW ist eine Förderrate von rund 1 l/s ausreichend. Die Brunnenleistung muss über einen Pumpversuch nachgewiesen werden.



Einschränkungen der Nutzbarkeit bestehen hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit. Bei sauerstoffreduzierten Wässern mit hohen Eisen- und/oder Mangangehalten besteht die Gefahr der Brunnenverockerung, bei aggressiven Wässern die Gefahr der Anlagenkorrosion. Deshalb sollte die Grundwasserbeschaffenheit generell anhand ausgewählter Parameter überprüft werden.

Die Grundwassernutzung für geothermische Zwecke erfordert eine wasserrechtliche Erlaubnis nach WHG/BayWG. In Wasser- bzw. Heilquellenschutzgebieten und bei besonderen hydrogeologischen Verhältnissen ist die Grundwassernutzung grundsätzlich untersagt.

Für die Planung ist bezüglich der hydrogeologischen Voraussetzungen die Einschaltung eines Ingenieurbüros empfehlenswert. Die Errichtung der Brunnen sollte von Firmen ausgeführt werden, die als »Fachbetrieb nach DVGW W 120« zertifiziert sind oder vergleichbare Qualitätskriterien nachweisen können.

Plus

- geringer Flächenbedarf
- hohe Arbeitszahl, geringe Energiekosten
- unkompliziert in der Auslegung
- hohe Zuverlässigkeit
- Heizen und Kühlen möglich

Minus

- aufwändiger im Bau
- höhere Anschaffungskosten
- je nach hydrogeologischen Verhältnissen nur eingeschränkt einsetzbar

Genehmigung

- erlaubnispflichtig gemäß WHG
- die Hinzuziehung eines hydrogeologischen Ingenieurbüros ist zu empfehlen

Anlagenauslegung

- Wärmepumpentyp: Wasser/Wasser
- Anwendung: Heizen, Warmwasserbereitung, Kühlen
- Betriebsart: monovalent Heizen oder Kühlen; zweckmäßig in Kombination mit Solarthermieanlagen
- mittlere Jahresarbeitszahl: bis 5
- spezifische Grundwasserförderrate: 0,25 m³/h pro 1 kW Verdampferleistung ($\Delta T_{\max} = \pm 6 \text{ K}$)

Brunnenbohrung für eine Grundwasser-Wärmepumpenanlage an einem Einfamilienhaus.



Erdberührte Betonbauteile die Zukunftstechnologie für Großbauwerke

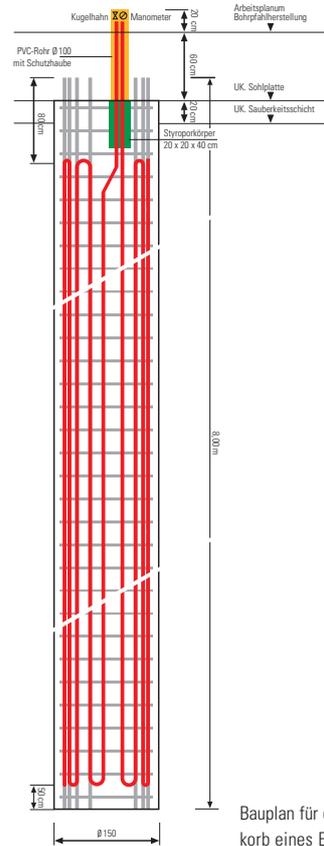


570 Energiepfähle erschließen das unter einer Industrieanlage liegende Erdreich als Wärme- bzw. Kältequelle.

- 1 Energiepfähle (570 Stück)
- 2 Pfahlschlussleitungen
- 3 Sammelkästen Pfahlanschlüsse
- 4 Hauptleitung
- 5 Kältezentrale

Je nach Baugrundverhältnissen sind zur Gründung oder Erstellung von Großbauwerken teils tief in den Untergrund reichende Betonstrukturen wie Gründungspfähle, Schlitz- oder Pfahlwände usw. notwendig. Da Beton eine gute Wärmeleitfähigkeit besitzt, eignen sich diese Strukturen hervorragend zur Gewinnung und Speicherung von thermischer Energie in Form von Wärme und Kälte.

In Analogie zur Erdwärmesonde werden bereits bei der Herstellung der Betonstrukturen üblicherweise HDPE-Rohre als zukünftig soledurchflossenes Wärmetauschersystem in die Armierungskörbe eingebunden. So werden z.B. aus Ortbetonpfählen ohne nennenswerten Mehraufwand so genannte »Energiepfähle«. Der wirtschaftliche Vorteil ergibt sich neben dem ökologischen aus der Tatsache, dass die statisch ohnehin erforderlichen Bauteile zur geothermischen Nutzung mit einem nur geringen Aufwand aufgerüstet werden müssen. Grundsätzlich lässt sich jede erdberührte Betonfläche entsprechend einrichten: als **Energiepfahl**, als **Energiebodenplatte** oder als **Energieschlitzwand**.



Bauplan für den Armierungskorb eines Energiepfahls.

Mittels Wärmetauschersystem aufgerüsteter Armierungskorb einer Energieschlitzwand.

Einbau des Energiepfahl-Armierungskorbes in die mittels Mantelrohr stabilisierte Schneckenbohrung.



Wärmetauschersystem in einer Energiebodenplatte.

Sommerwärme im Winter – Winterkälte im Sommer

Die konsequente Weiterentwicklung dieser Technik ermöglicht heute bereits die ganzjährige vollständige Klimatisierung von z. B. Museen, Fabrik- und Verwaltungsgebäuden oder Kurheimen. Die im Sommer beispielsweise aus der Raumklimatisierung im Überschuss vorhandene Abwärme wird in die Betonbauteile bzw. das umgebende Erdreich abgeleitet und dort gespeichert. Im Winter wird sie zum Heizen wiederverwendet. Moderne Wärmepumpenanlagen arbeiten hierzu lediglich im Umkehrbetrieb oder werden im Sommer ganz abgestellt. Diese energetisch besonders günstige Methode, auch als »free cooling« bezeichnet, erfolgt dann über z.B. Kühldecken direkt durch die mittels Pumpen umgewälzte kühle Sole.

Mittlerweile verwirklicht sind erste Anwendungsbeispiele, in denen Straßen- oder Brückenbauwerke (Thun, Schweiz) und sogar die Runways eines Flughafens (Eindhoven, Niederlande) über oberflächen-nahe Geothermie temperiert werden. Die im Sommer durch die Sonneneinstrahlung erzeugte Wärme wird über eingebaute Kollektorsysteme in den Untergrund abgeleitet und dort gespeichert. Im Winter wird die gespeicherte Wärme verwendet, um die Bauwerke eisfrei zu halten. Als Nebeneffekt werden die Deformationen in den hitze- und frostempfindlichen Asphaltdecken gering gehalten.



Geologie

Die Untergrundverhältnisse bestimmen Möglichkeit, Methode und Auslegung der Erdwärmegewinnung

Neben den oberirdischen Standortgegebenheiten sind der geologische Aufbau und die Grundwasserverhältnisse am Standort maßgebend für die grundsätzliche Möglichkeit einer thermischen Nutzung des Untergrunds. Sie bestimmen ferner die Wahl einer bestimmten Anlagenvariante wie z. B. Grundwasser-Wärmepumpe oder Erdwärmesonde sowie die spezifische Auslegung der gewählten Variante.

Im Interesse einer hohen Jahresarbeitszahl und damit hohen Primärenergieeinsparung ist grundsätzlich die Erschließung einer Wärmequelle mit einem hohen und möglichst ganzjährig konstanten Temperaturniveau anzustreben. Diese Anforderungen erfüllen am besten durch Erdwärmesonden erschlossene tiefere Erdschichten und, wo vorhanden, über eine Brunnenanlage erschlossenes Grundwasser.

Die möglichst gute Kenntnis der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Untergrunds und seiner thermischen Eigenschaften ist demnach Grundvoraussetzung für einen ökonomisch und ökologisch gesicherten Anlagenbetrieb. Der Umfang einer geologischen Bewertung der Verhältnisse am Standort soll jedoch dem jeweiligen Vorhaben angepasst sein und so wirtschaftlich wie möglich durchgeführt werden.

Kleinere Anlagen bis zu 30 kW Heizleistung werden meist auf der Basis von Annahmen und Schätzungen seitens der beauftragten Fachfirma geplant. Informationen zu den Untergrundverhältnissen können geologischen oder hydrogeologischen Karten und deren Erläuterungen entnommen werden. Angaben zu den Grundwasserverhältnissen können auch bei den zuständigen Wasserwirtschaftsämtern erfragt werden.

Für größere Anlagen, die zudem auch zum Kühlen und Speichern verwendet werden, sind weitergehende geologische und hydrogeologische Erkundungen und gegebenenfalls auch computergestützte Simulationen im Vorfeld üblich.

Das Verhalten des Untergrunds bei Wärmeentzug hängt im Wesentlichen von den Parametern **spezifische Wärmekapazität c_p** und **Wärmeleitfähigkeit λ** ab. Beide Parameter sind vom anstehenden Gestein und dessen Wassersättigung abhängig und steigen mit zunehmendem Wassergehalt. Während die Wärmekapazität das Maß für die thermische Speicherfähigkeit des Untergrunds ist, beschreibt die Wärmeleitfähigkeit dessen Wärmetransportvermögen mittels Wärmeleitung (konduktiver Wärmetransport). Da bei der Gewinnung von Erdwärme sowohl eine hohe Wärmekapazität als auch eine hohe Wärmeleitfähigkeit gewünscht wird, ist eine hohe Wassersättigung immer von Vorteil. Dies gilt insbesondere, wenn sich das Wasser in Form von Grundwasser frei bewegen kann und somit auch der viel effizientere konvektive Wärmetransport gegeben ist.

Der zur Auslegung der Erdwärmequellenanlage relevante Kennwert ist die **spezifische Entzugsleistung**. Sie gibt die am Verdampfer der Wärmepumpe zur Verfügung stehende Wärmeleistung pro Dimensionseinheit der Wärmequellenanlage wieder und wird deshalb für Erdwärmekollektoren in W/m^2 Kollektorfläche und für Erdwärmesonden in W/m Sondenlänge angegeben.

Die spezifische Entzugsleistung ist unter anderem eine Funktion der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds und variiert somit je nach Untergrundbeschaffenheit und Wassergehalt. Die in den **Tabellen** aufgeführten Werte berücksichtigen eine spezifische jährliche Entzugsarbeit von $100-150 \text{ kWh}/(m \cdot a)$ bzw. $50-70 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$, die im Gleichgewicht mit der langfristigen Regenerationsfähigkeit der Wärmequelle steht. Sie können für die Auslegung von Erdwärmekollektoren und Erdwärme-

Thermische Kennwerte ausgewählter Fest- und Lockergesteine (Quelle: VDI 4640)

Gestein	mittlere Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m·K)]	spezifische Wärmekapazität c_p [MJ/(m ³ ·K)]
Granit	3,4	2,1 – 3,0
Diorit	2,6	2,9
Basalt	1,7	2,3 – 2,6
Schiefer	2,1	2,2 – 2,5
Glimmerschiefer	2,0	2,2
Gneis	2,9	1,8 – 2,4
Kalkstein	2,8	2,1 – 2,4
Mergelstein	2,1	2,2 – 2,3
Ton-/Schluffstein	2,2	2,1 – 2,4
Sandstein	2,3	1,6 – 2,8
Kies, trocken	0,4	1,4 – 1,6
Kies, nass	1,8	2,4
Sand, trocken	0,4	1,3 – 1,6
Sand, nass	2,4	2,2 – 2,9
Schluff/Ton, trocken	0,5	1,5 – 1,6
Schluff/Ton, nass	1,7	1,6 – 3,4
Moräne	2,0	1,5 – 2,5

Erdwärmekollektor (Quelle: VDI 4640)

Boden	spezifische Wärmeentzugsleistung [W/m ²]	
	1.800 h/a	2.400 h/a
nichtbindiger Boden, trocken	10	8
bindiger Boden, feucht	20–30	16–24
Sand/Kies, wassergesättigt	40	32

Thermischer Response-Test

Der thermische Response-Test ist ein Testverfahren zur Ermittlung der thermischen Eigenschaften des Untergrunds vor Ort. Er wurde speziell für die bedarfsgerechte In-situ-Auslegung großer Erdwärmesondenanlagen entwickelt.

Mithilfe einer mobilen Messapparatur wird der Untergrund über eine bereits fertig gestellte Erdwärmesonde mit konstanter Heizleistung beaufschlagt. Aus dem zeitlichen Verlauf der Soletemperaturen werden mittels mathematischer Auswerteverfahren Parameter wie effektive Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds und thermischer Bohrlochwiderstand abgeleitet.

Der thermische Response-Test berücksichtigt bei der Messung die gesamte Sondenlänge, den Sondenausbau sowie den ungestörten Untergrund einschließlich eines eventuell vorhandenen Grundwasserflusses.

Das Verfahren eignet sich auch für eine systemunabhängige Überprüfung von bereits fertig gestellten Erdwärmesonden.

Erdwärmesonde

Fest- bzw. Lockergestein	spezifische Wärmeentzugsleistung (Quelle: VDI 4640) [W/m]		Sondenlänge je 1 kW Heizleistung (mit $\beta_a = 4$) [m]	
	1.800 h/a	2.400 h/a	1.800 h/a	2.400 h/a
Kies/Sand, trocken	< 25	< 20	> 30	> 38
Kies/Sand, wasserführend	65–80	55–65	12–9,4	14–12
Ton/Schluff, feucht	35–50	30–40	21–15	25–19
Kalkstein (massiv)	55–70	45–60	14–11	17–13
Sandstein	65–80	55–65	12–9,4	14–12
Granit, Gneis	65–85	55–70	12–8,8	14–11
Basalt	40–65	35–55	19–12	21–14

sonden in kleinen Anlagen bis ca. 30 kW Heizleistung herangezogen werden. Als Basis wird ein reiner Wärmeentzug (Heizbetrieb, gegebenenfalls mit Warmwasserbereitung) bei rund 1.800 bis 2.400 Volllast-Betriebsstunden pro Jahr zugrunde gelegt.

Zu beachten ist, dass unter anderen Betriebsbedingungen und in Abhängigkeit von den lokalen geologischen Verhältnissen zum Teil erhebliche Abweichungen im positiven wie auch negativen Sinne möglich sind.

Hydrogeologie

Die Grundwasserverhältnisse sind maßgebend für das Genehmigungsverfahren und die direkte Nutzung mittels Grundwasser-Wärmepumpe

Die Anwesenheit von Grundwasser ist wegen seiner vergleichsweise konstanten Temperatur, der hohen Wärmekapazität und der Möglichkeit zu konvektivem Wärmetransport für die Systeme Erdwärmekollektor und Erdwärmesonde gleichermaßen vorteilhaft. Sofern möglich empfiehlt sich insbesondere die direkte Nutzung von Grundwasser mittels Grundwasser-Wärmepumpe (Bay StMUGV 2006, siehe auch: www.geologie.bayern.de/geothermie/karten/pdf-karten.html).

Aus wasserwirtschaftlicher Sicht ist jedoch dem Schutz von Grundwasser zum Zweck der Trinkwasserversorgung höchste Priorität vor allen anderen Nutzungsarten einzuräumen. Deshalb ist die hydrogeologische Situation vor Ort immer maßgebend für die Genehmigungsfähigkeit eines Vorhabens zur Erschließung von Erdwärme.

Hydrogeologisch **unproblematisch** ist meist die thermische Nutzung eines oberflächennahen Grundwasserstockwerks mit freiem Grundwasserspiegel; bei einer Nutzung tieferer Stockwerke sind besondere Schutzvorkehrungen notwendig.

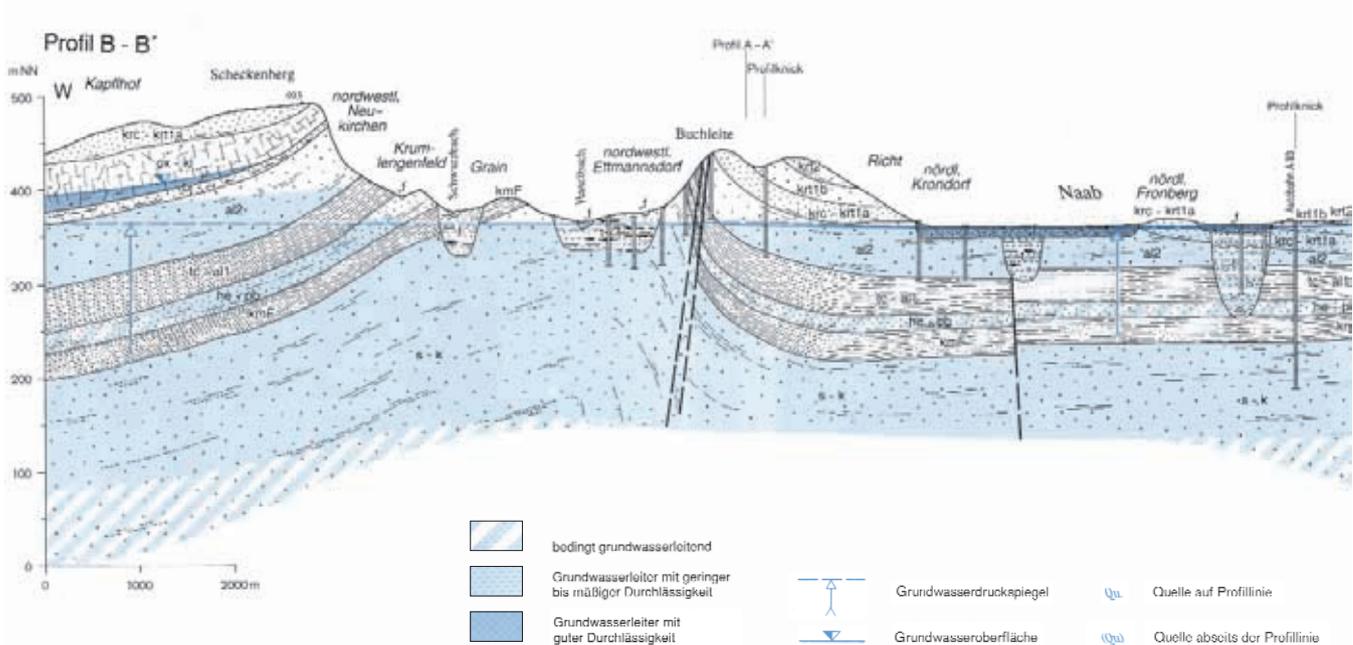
Kritisch zu bewerten ist der Bau von Erdwärmesonden in hydrogeologisch sensiblen Gebieten (z.B. Karstgrundwasserleiter, hoch durchlässige Kluftgrundwasserleiter, Grundwasserleiter mit artesischen Druckverhältnissen, Einzugsgebiete von Heil- oder Mineralwasserquellen, Bergbauegebiete oder Gebiete mit schädlichen Verunreinigungen des Untergrunds). Der Bau kann jedoch auch dort unter Einhaltung gewisser Auflagen möglich sein.

In der Regel **auszuschließen** ist eine thermische Nutzung des Untergrunds in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten und in Einzugsgebieten von Grundwassergewinnungsanlagen, für die Trinkwasserqualität erforderlich ist (z.B. Hausbrunnen, Lebensmittelindustrie, usw.). Ausnahmen in der weiteren Schutzzone eines Trinkwasserschutzgebiets sind beim Vorliegen besonderer Verhältnisse unter Umständen möglich.

Voraussetzung zur Nutzung von Grundwasser mittels **Grundwasser-Wärmepumpe** ist, dass dieses in vergleichsweise geringen Tiefen erschlossen werden kann, es eine geeignete physikalisch-chemische Beschaffenheit besitzt und in konstant ausreichender Menge verfügbar ist.

Ist am Standort ausreichend Grundwasser vorhanden, so hängt die über eine Brunnenanlage förderbare und wieder einleitbare Menge neben der Durchlässigkeit und der vertikalen Mächtigkeit des Grundwasserleiters auch vom **Brunnenausbau** ab. Die Praxis zeigt, dass besondere Sorgfalt auf die Auslegung und den Ausbau des Schluckbrunnens zu legen ist. Insbesondere bei weniger durchlässigen Grundwasserleitern empfiehlt sich eine größere Dimensionierung des Schluckbrunnens. Bei der Wiedereinleitung ist darauf zu achten, dass diese dauerhaft unterhalb des Brunnenwasserspiegels vorgenommen wird, um mögliche chemische Veränderungen infolge Belüftung bzw. Eintrag von Gasbläschen in den Grundwasserleiter zu vermeiden.

Die **physikalisch-chemische Eignung** von Grundwasser für den Betrieb in Wärmepumpen hängt im Wesentlichen von der Beschaffenheit der Speichergesteine ab und ist im Einzelfall durch hydrochemische Untersuchungen zu überprüfen. Als Gefahren sind Verockerung der Brunnen und Korrosion im Wärmetauscher der Wärmepumpe zu nennen.



Genehmigung

Auskunft erteilt die Untere Wasserbehörde der Landratsämter und kreisfreien Städte

Erdwärme gilt nach **Bundesberggesetz** (BBergG) als bergfreier Bodenschatz. In der bayerischen Verwaltungspraxis werden jedoch nur Erdwärmeprojekte mit Bohrungen von mehr als 100 m Teufe oder einer thermischen Leistung von größer 0,2 MW bergrechtlich behandelt.

Für Bau und Betrieb von Anlagen zur Nutzung von oberflächennaher Geothermie sind daher die Bestimmungen des **Wasserhaushaltsgesetzes** (WHG) in Verbindung mit dem **Bayerischen Wassergesetz** (BayWG) und der hierzu ergangenen Verwaltungsvorschrift (VwVBayWG) maßgebend. Die einzelnen Anlagentypen werden wie folgt wasserrechtlich behandelt (siehe hierzu auch VDI-Richtlinie 4640 – Blatt 1).

Erdwärmekollektor

Solebetriebene Erdwärmekollektoren dürfen gegebenenfalls auch in den Grundwasserbereich eingebaut werden. In diesem Fall ist eine Anzeigepflicht nach § 35 WHG i.V.m. Art. 34 BayWG gegeben. Je nach hydrogeologischer Situation und technischer Auslegung der Anlage kann im Einzelfall zudem ein erlaubnispflichtiger Benutzungstatbestand nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG vorliegen. Bei Erdwärmekollektoren mit Direktverdampfersystem sind besondere Vorkehrungen zum Schutz von Boden und Grundwasser zu treffen (siehe DIN 8901).

Erdwärmesonde

Für die Bohrung ist generell eine Bohranzeige gemäß § 35 WHG i.V.m. Art. 34 BayWG bei der Kreisverwaltungsbehörde erforderlich. Bei der thermischen Nutzung des Untergrundes über Erdwärmesonden kann zudem ein erlaubnispflichtiger Benutzungstatbestand nach § 3 Abs. 2 Nr. 2 WHG gegeben sein. Details einschließlich Anzeigeformular sind dem »BWP Leitfaden Erdwärmesonden – Bayern« zu entnehmen.

Grundwasser-Wärmepumpe

Die **Bohrungen** für eine Grundwasser-Wärmepumpenanlage sind ebenfalls nach § 35 WHG i.V.m. Art. 34 BayWG anzeigepflichtig. Die **Entnahme** von Grundwasser zur thermischen Nutzung und die **Wiedereinleitung** des genutzten Grundwassers stellen einen erlaubnispflichtigen Benutzungstatbestand nach § 3 Abs. 1 Nr. 6 bzw. Nr. 5 WHG dar. Ein gegebenenfalls erforderlicher Pumpversuch ist in der Regel als erlaubnisfreies Zutagefördern von Grundwasser nach § 33 Abs. 1 Nr. 1 WHG anzusehen.

Bei kleineren Anlagen ist im Allgemeinen ein Antrag gemäß Art. 17a BayWG (»Beschränkte Erlaubnis im vereinfachten Verfahren«) zu stellen, wobei die Vorlage eines Gutachtens eines privaten Sachverständigen nach Art. 78 BayWG vorgeschrieben ist. Dieses vereinfachte Verfahren ist jedoch nur bei Wärmenutzung, nicht aber bei einer Nutzung des Grundwassers zu Kühlzwecken möglich. Die Einleitung von erwärmtem Grundwasser bedarf einer Erlaubnis nach Art. 17 BayWG (»Beschränkte Erlaubnis«).

Grundsätzlich muss die Wiedereinleitung des lediglich abgekühlten oder erwärmten Wassers in den genutzten Grundwasserleiter sichergestellt sein. Eine schädliche Verunreinigung oder sonstige nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit muss ausgeschlossen sein. Weitere Anforderungen sind der VDI-Richtlinie 4640 – Blatt 1 zu entnehmen.

Erdberührte Betonbauteile

Derartige Bauteile sind nur in Ausnahmefällen gesondert, d.h. nicht im Zusammenhang mit der gesamten Baumaßnahme wasserrechtlich zu behandeln. Dies trifft z.B. auf einen bis ins Grundwasser reichenden »Energiepfahl« zu, der nicht im Zusammenhang mit der Gründung des Gebäudes erstellt wird. Genaue Auskünfte erteilt die Kreisverwaltungsbehörde.

Bei Erdwärmeanlagen mit **Bohrungen von mehr als 100 m Teufe** ersetzt laut VwVBayWG die Anzeige nach § 127 BBergG die Anzeige nach § 35 WHG i.V.m. Art. 34 BayWG. Zur genauen Verfahrensweise bei Erdwärmesondenbohrungen mit Tiefen größer 100 m wird auf den »BWP Leitfaden Erdwärmesonden – Bayern« verwiesen.

Anlagen mit einer thermischen Leistung von größer 0,2 MW werden gesondert nach BBergG behandelt. Hierbei ist zur Prüfung der bergrechtlichen Voraussetzungen für die Erteilung einer bergrechtlichen Erlaubnis gemäß § 6 BBergG eine Anzeige beim Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie erforderlich.

Alle Erdwärmebohrungen sind nach **Lagerstättengesetz** (LagerstG) dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160 in 86179 Augsburg, anzuzeigen. Nach Abschluss der Arbeiten sind die Ergebnisse der Bohrungen (Lageplan, Schichtenverzeichnis und Ausbauplan) zu übermitteln.

Die Anzeigepflicht nach LagerstG bzw. nach § 35 WHG i.V.m. Art. 34 BayWG oder nach § 127 BBergG obliegt der mit dem Bau der Erdwärmeanlage beauftragten Fach- bzw. Bohrfirma. Ein Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis gemäß Art. 17 bzw. 17a BayWG hat hingegen durch den Bauherrn zu erfolgen; üblicherweise wird er jedoch in dessen Namen von der mit der Planung der Erdwärmeanlage beauftragten Firma gestellt.

Techniken zur Nutzung oberflächennaher Geothermie sind bei fachgerechter Auslegung im Betrieb in der Regel bereits um einiges günstiger als konventionelle Heizungssysteme.

Bei der Anschaffung fallen jedoch meist höhere Ausgaben an, da neben den Investitionskosten für die Wärmepumpe noch zusätzliche Kosten für die Erschließung einer Wärmequelle im Untergrund und gegebenenfalls Mehrkosten für ein Niedertemperatur-Heizsystem einzubeziehen sind.

Für die Bereiche erneuerbare Energien, sparsame Energienutzung und neue Energietechnologien bestehen verschiedene Fördermöglichkeiten auf Bundes- und Landesebene.

Auskünfte dazu erteilt das **Bayerische Energie-Forum**. Diese Einrichtung ist als Informationsdrehscheibe und Servicestelle für alle in Bayern bestehenden Informations- und Beratungseinrichtungen tätig. Sie steht jedem Interessenten für eine Erst- und Einstiegsberatung zur Verfügung.

■ Bayerisches Energieforum

bei Bayern Innovativ
Gewerbemuseumsplatz 2
90403 Nürnberg
Energie-Info-Hotline: (018 05) 35 70 35
Telefax: (09 11) 2 06 71-7 66
E-Mail: info@bayern-innovativ.de
Internet:
www.bayerisches-energie-forum.de

Einen umfassenden Überblick über Energie-Förderprogramme gibt auch das **Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit** unter www.bmwa.bund.de. Dort finden Sie unter dem Thema »Technologie und Energie« Informationen über die Förderprogramme des Bundes einschließlich der Deutschen Ausgleichsbank (DtA) und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Unter dem Thema »Förderdatenbank« finden Sie auch Informationen zu Programmen der Länder.

■ **BMWA** – Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
Internet: www.bmwa.bund.de

Private Bauherren können Förderinformationen für ein einzelnes Bauvorhaben auch unter www.energiefoerderung.info abrufen. Der Informationsdienst ist ein Service der **BINE – Bürgerinformation neue Energietechniken**. Per Mausklick finden Sie hier Förderprogramme für Ihren geplanten Neubau oder die notwendige Sanierung.

■ BINE Informationsdienst

der FIZ-Karlsruhe GmbH
Mechenstraße 57
53129 Bonn
Telefon: (02 28) 9 23 79-0
Telefax: (02 28) 9 23 79-29
E-Mail: bine@fiz-karlsruhe.de
Internet: www.bine.info

Neben dem Bund und den Ländern bieten verschiedentlich auch **Kommunen** und **Energieversorger** Förderungen in Form von Zuschüssen, zinsvergünstigten Krediten oder Energie-Spezialtarifen an. Es empfiehlt sich daher, Ihre Gemeinde und die zuständigen Energieversorgungsunternehmen anzusprechen. Weitere Informationen erhalten Sie darüber hinaus auch bei **Banken**, **Sparkassen** und dem **Fachhandwerk**.

In einigen Fällen ist die Errichtung von Anlagen zur Erdwärmenutzung genehmigungspflichtig. Um Kosten und Zeit zu sparen, empfiehlt es sich grundsätzlich, **die Zulässigkeit des geplanten Vorhabens rechtzeitig vorab mit den zuständigen Behörden zu klären.**

Achten Sie bitte darauf, dass bei allen Förderprogrammen der **Antrag auf Förderung vor Beginn der Maßnahme zu stellen ist.** Als Maßnahmenbeginn gilt bereits die Unterschrift unter den Auftrag oder Kaufvertrag. Nachträglich gestellte Anträge sind aus haushaltsrechtlichen Gründen von einer Förderung ausgeschlossen.

Für den **ökonomisch und ökologisch gesicherten Betrieb** einer Wärmepumpen-Heizanlage ist in allen Fällen die **bedarfs-gerechte Auslegung** wichtig.

Während die Wärmepumpenanlage für den **Ein- und Mehrfamilienhaussektor** Domäne des Fachhandwerks ist, erfordert die **Großanlage** komplexe ingenieurtechnische Planung durch erfahrene Spezialisten. Mit der Ausführung von Bohrarbeiten sollten nur Unternehmen beauftragt werden, die als »Fachfirma nach DVGW-Merkblatt W 120« zertifiziert sind, das »Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen« der FWS-Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz besitzen oder entsprechende Qualifikationen nachweisen können.

Neben dem richtigen Anlagenkonzept auf der Wärmeverbraucherseite (Heizung, Warmwasser) hat vor allem die Auslegung auf Seite der Wärmequelle einen erheblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der gesamten Anlage. Hierzu ist vor allem eine **möglichst gute Kenntnis der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse** des Untergrunds und seiner thermischen Eigenschaften eine wichtige Voraussetzung.

Es sollte **unbedingt vermieden werden**, eine Erdwärme-Heizanlage so billig wie möglich zu bauen, um mit konventionellen Brennstoff-Heizsystemen hinsichtlich der Investitionen gleichzuziehen. Das Resultat sind möglicherweise auf der Wärmequellenseite unfachmännisch ausgeführte oder zu gering ausgelegte Systeme, billige Wärmepumpen mit niedriger Leistungszahl oder der Verzicht auf wichtige Anlagenkomponenten wie z. B. Pufferspeicher oder Brauchwasservorwärmung. Gleichwohl ist die teure Anlage nicht zwangsläufig die bessere. Wenden Sie sich deshalb an **Planer und Fachinstallateure mit Erfahrung und Referenzen.**

Nur diese ermöglichen Ihnen, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme dynamischer Simulationen, das auf Ihre individuellen Bedürfnisse abgestimmte Anlagenkonzept und die belastbare Kosten-/Nutzenbetrachtung.

Nur die **kompetente Planung und Ausführung** garantiert Systeme, die über lange Zeiträume **funktionstüchtig** und in ihrer Anschaffung und im Betrieb **wirtschaftlich** und **umweltfreundlich** sind.

Für weitere Informationen sowie für technische Fragestellungen können Sie sich auch an einen der unten genannten Verbände wenden. Für Bauherren, die bereits ein Angebot für eine Erdwärme-Heizanlage eingeholt haben, bietet die GtV – Geothermische Vereinigung e.V. einen »Angebots-Check« an.

■ **BWP** – Bundesverband WärmePumpe e.V.
Elisabethstraße 34
80796 München
Telefon: (0 89) 2 71 30 21
E-Mail: info@waermepumpe-bwp.de
Internet: www.waermepumpe-bwp.de

■ **GtV** – Geothermische Vereinigung e.V.
Gartenstraße 36
49744 Geeste
Telefon: (0 59 07) 5 45
E-Mail: info@geothermie.de
Internet: www.geothermie.de

■ **IZW** – Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik e.V.
Weidendamm 12–14
30167 Hannover
Telefon: (05 11) 16 74 75 12
E-Mail: email@izw-online.de
Internet: www.izw-online.de

Weiterführende Literatur

- **Bay StMUGV (2006):** DVD-Rom Oberflächennahe Geothermie – Übersichtskarte Bayern 1:200.000. – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.
E-Mail: servicestelle@stmugv.bayern.de
Internet: www.umweltministerium.bayern.de
- **BINE (Hrsg.) (2003):** FISKUS Fördermittel für Energiesparinvestitionen und erneuerbare Energien. – CD-ROM inklusive 14-tägigem Aktualisierungsservice per E-Mail; BINE Informationsdienst, Bonn.
- **BWP (Hrsg.) (2003):** Leitfaden Erdwärmesonden in Bayern. 3. überarbeitete Auflage 11/03. – Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V. in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz und dem Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, München. (*Neuaufgabe in Vorbereitung*)
- **BWP (Hrsg.) (2003):** Arbeitsordner Wärmepumpe. – Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.; Marketing + Wirtschaft Verlagsgesellschaft mbH, München.
- **BWP (2006):** Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrunternehmen – Information, Dokumentation. – Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V., München.
- **DIN 8901 (2002):** Kälteanlagen und Wärmepumpen – Schutz von Erdreich, Grund- und Oberflächenwasser – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen und Prüfung. – DIN-Deutsches Institut für Normung e.V.; Beuth, Berlin.
- **DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (2005):** Qualifikationskriterien für Bohr-, Brunnenbau- und Brunnenregenerierunternehmen. – DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W120; Wirtschafts- und Verlagsges. Gas u. Wasser, Bonn.
- **FIZ (Hrsg.) (2005):** Wärmepumpen. Literaturdatenbank und aktuelle Informationen. 3. aktualisierte Auflage. – CD-ROM Datenbank Energie, 4; FIZ – Fachinformationszentrum Karlsruhe.
- **Hackensellner, T. & Dünwald, G. (1996):** Wärmepumpen. – Regenerative Energien, 8: 78 S.; Verein Deutscher Ingenieure – Gesellschaft Energietechnik; Beuth, Berlin.
- **Kaltschmitt, M., Huenges, E. & Wolff, H. (Hrsg.) (1999):** Energie aus Erdwärme. – 265 S.; Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart.
- **Kruse, H. & Heidelck, R. (2002):** Heizen mit Wärmepumpen. 3. erweiterte und völlig überarbeitete Auflage. – BINE Informationspaket, 112 S.; TÜV-Verlag, Köln.
- **LGA-BW, IE (Hrsg.) (1999):** Umweltwärme für Gebäude und Betrieb. Mittlere große Wärmepumpenanlagen. – 24 S.; Landesgewerbeamt Baden-Württemberg/Informationszentrum Energie, Stuttgart.
- **LGA-BW, IE (Hrsg.) (2000):** Energie sparen durch Wärmepumpenheizanlagen. 2. Auflage. – 56 S.; Landesgewerbeamt Baden-Württemberg/Informationszentrum Energie, Stuttgart.
- **Ochsner, K. (2001):** Wärmepumpen in der Heizungstechnik. Praxishandbuch für Installateure und Planer. 2., überarbeitete Auflage. – 151 S.; Müller, Heidelberg.
- **Sanner, B. & Bußmann, W. (2001):** Erdwärme zum Heizen und Kühlen. Potentiale, Möglichkeiten und Techniken der Oberflächennahen Geothermie. 3. Auflage. – 112 S.; GtV Geothermische Vereinigung e.V., Geeste.
- **VDI-GET (Hrsg.) (1998):** Erdwärme. – Regenerative Energien, 4: 77 S.; Verein Deutscher Ingenieure – Gesellschaft Energietechnik; Beuth, Berlin.
- **Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2067, Blatt 6 (1989):** Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen; Wärmepumpen.
VDI-Richtlinie 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes, Blatt 1 (2000): Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte (*derzeit in Überarbeitung*)
Blatt 2 (2001): Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen (*derzeit in Überarbeitung*)
Blatt 3 (2001): Unterirdische Thermische Energiespeicher
Blatt 4 (2004): Direkte Nutzungen.
VDI-Richtlinie 4650, Blatt 1 (2003): Berechnung von Wärmepumpen – Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresaufwandszahlen von Wärmepumpenanlagen – Elektro-Wärmepumpen zur Raumheizung.
VDI-Gesellschaft Energietechnik; Beuth, Berlin.
- **Weitere Informationsblätter und Broschüren** zum Thema erneuerbare Energien, neue Energietechnologien und Energiesparen sind zu beziehen bei:
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie
– Referat Öffentlichkeitsarbeit – 80525 München
Telefon: (0 89) 21 62-23 03
(0 89) 21 62-25 99
Telefax: (0 89) 21 62-27 60
E-Mail: info@stmwivt.bayern.de
Internet: www.stmwivt.bayern.de

Hinweis

Diese Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben von parteipolitischen Informationen oder Werbemitteln. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Den Parteien ist gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Die Broschüren-Informationen wurden mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts kann dessen ungeachtet nicht übernommen werden. Gesetze, Verordnungen oder Förderprogramme finden Anwendung entsprechend ihrer jeweils aktuellsten Fassung.

Herausgeber

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV)
Rosenkavalierplatz 2
81925 München
E-Mail: poststelle@stmugv.bayern.de
Internet:
www.umweltministerium.bayern.de

in Zusammenarbeit mit
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT)
Prinzregentenstraße 28
80538 München
E-Mail: info@stmwivt.bayern.de
poststelle@stmwivt.bayern.de
Internet: www.stmwivt.bayern.de

Inhaltliche Konzeption

Dr. Christoph Töpfner, Dr. Thomas Fritzer,
Bayerisches Geologisches Landesamt

Fachliche Beratung

Dipl.-Ing. Werner Schenk, E.ON Bayern AG

Gestaltung

Büro A34 Helmut Gebhardt, München

Bildnachweis

Bayerisches Geologisches Landesamt
Bundesverband WärmePumpe e.V.
Dr. Simone Walker-Hertkorn, Sytherma
FP-Werbung GmbH
Haka.Gerodur AG
Lippuner + Partner AG
Nägelebau GmbH & Co.
Rilusolar GmbH
Werner Schenk, E.ON Bayern AG
Zent-Frenger GmbH

Druck

Weber-Offset, München
Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier,
chlorfrei gebleicht

Stand Mai 2007

Copyright

StMUGV, alle Rechte vorbehalten



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
www.umweltministerium.bayern.de
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie
www.stmwivt.bayern.de