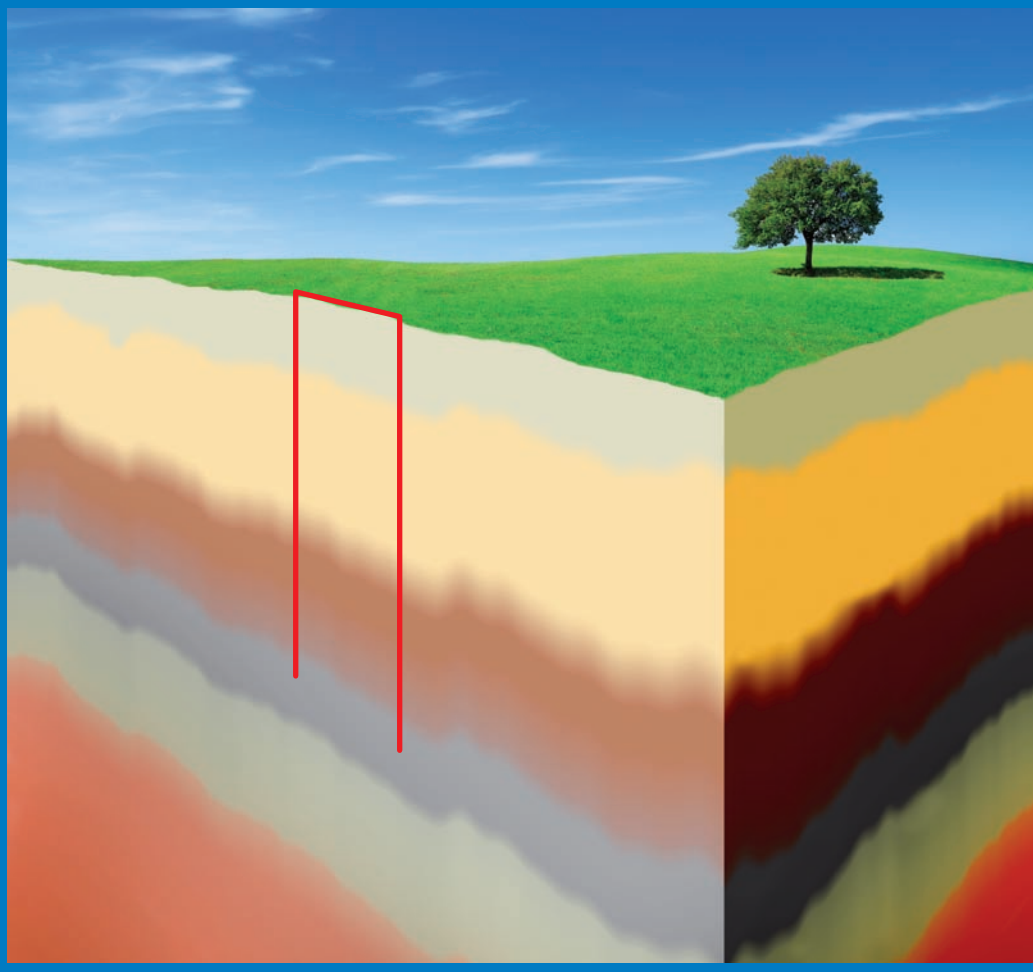
ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.



Tiefe Geothermie

Inhalt

1. Vorwort 2

2. Grundlagen der Geothermie 3

3. Hydrothermale Systeme 6

4. Aspekte der Geothermie 12
   Ökologische Aspekte
   Ökonomische Aspekte

5. Chancen und Risiken der Geothermie 20

6. Anlagenübersicht in Deutschland 22

7. Weitere Informationen 23

Vorwort

Tiefe Geothermie: Daten und Fakten

Bei der Nutzung von Erdwärme denkt man in der Regel zunächst an vulkanische Gebiete wie z. B. Island. Dort hat Geothermie einen Anteil von fast 50 % an der Energieversorgung des Landes. In Larderello in der Toskana wurde bereits vor über 100 Jahren, 1904, das weltweit erste geothermische Kraftwerk gebaut. In dem italienischen Ort tragen heute in einem Geothermie-Park Tiefenbohrungen von über 2000 m zur Energieversorgung bei. Die Geothermie hat in der Toskana einen Nutzungsanteil von rund 45 %. Der staatliche Stromkonzern ENEL erzeugt damit etwa 1,5 % der in Italien produzierten Elektrizität.

In Deutschland erzeugten Anfang 2010 bereits 5 Kraftwerke Strom und Wärme aus Geothermie: Neben der 2003 in Neustadt-Glewe in Betrieb gegangenen Anlage auch die Werke in Unterhaching bei München, in Bruchsal, in Landau/Pfalz und in Simbach. Rund 2 Dutzend Geothermieheizwerke werden zur Nah- und Fernwärmeversorgung auf kommunaler Ebene eingesetzt.

Noch spielt die Geothermie in Deutschland eine kleine Rolle. Experten trauen ihr aber einen steigenden Beitrag bei der Energieversorgung in der Zukunft zu. Die Bundesregierung erwartet bis zum Jahr 2030 eine elektrische Leistung der Geothermie-Kraftwerke von 850 Megawatt. Einen wesentlichen Beitrag soll das novellierte Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz leisten, das seit Anfang 2009 in Kraft ist.

Grundlagen der Geothermie

Es gibt große Hoffnungen, dass Geothermie-Anlagen insbesondere auch durch die Einbeziehung von Fördermitteln wirtschaftlich betrieben werden können. Es ist daher zu erwarten, dass die Diskussion über die Nutzung der regenerativen Erdwärme zunimmt. Die vorliegende Broschüre soll einen sachlichen Überblick zur Nutzung der tiefen Geothermie geben und als erste Grundlage für Diskussionen im Zusammenhang mit Neuplanungen dienen. Sie kann wegen des bewusst knapp gehaltenen Umfangs nicht alle Themen behandeln.

Die unterhalb der Erdoberfläche in Form von Wärme gespeicherte Energie wird nach ingenieurwissenschaftlichen Regeln (VDI-Richtlinie 4640) als ‚Geothermische Energie' bezeichnet. Im Folgenden werden die im allgemeinen Sprachgebrauch üblichen Begriffe Erdwärme oder Geothermie synonym verwendet.

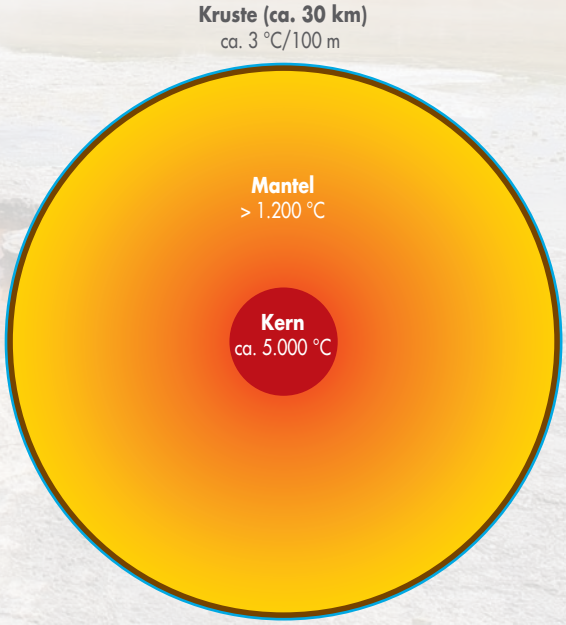
Energiequelle Erdwärme

99 %
der Erdmasse sind wärmer als 1.000 °C

30 %
der Erdwärme stammen aus der Zeit der Erdentstehung

70 %
stammen aus natürlichem, radioaktivem Zerfall

Durchschnittlicher geothermischer Gradient: 30 °C/km



Quelle: GFZ Potsdam

Einteilung von Geothermiequellen

Tiefe Geothermie

Tiefe Geothermie bezeichnet üblich die Nutzung der Erdwärme bei Tiefen über 1000 m und Temperaturen von mehr als 60 C. Man unterscheidet dabei im Wesentlichen folgende Systeme:

Oberflächennahe Systeme (bis 400 m)

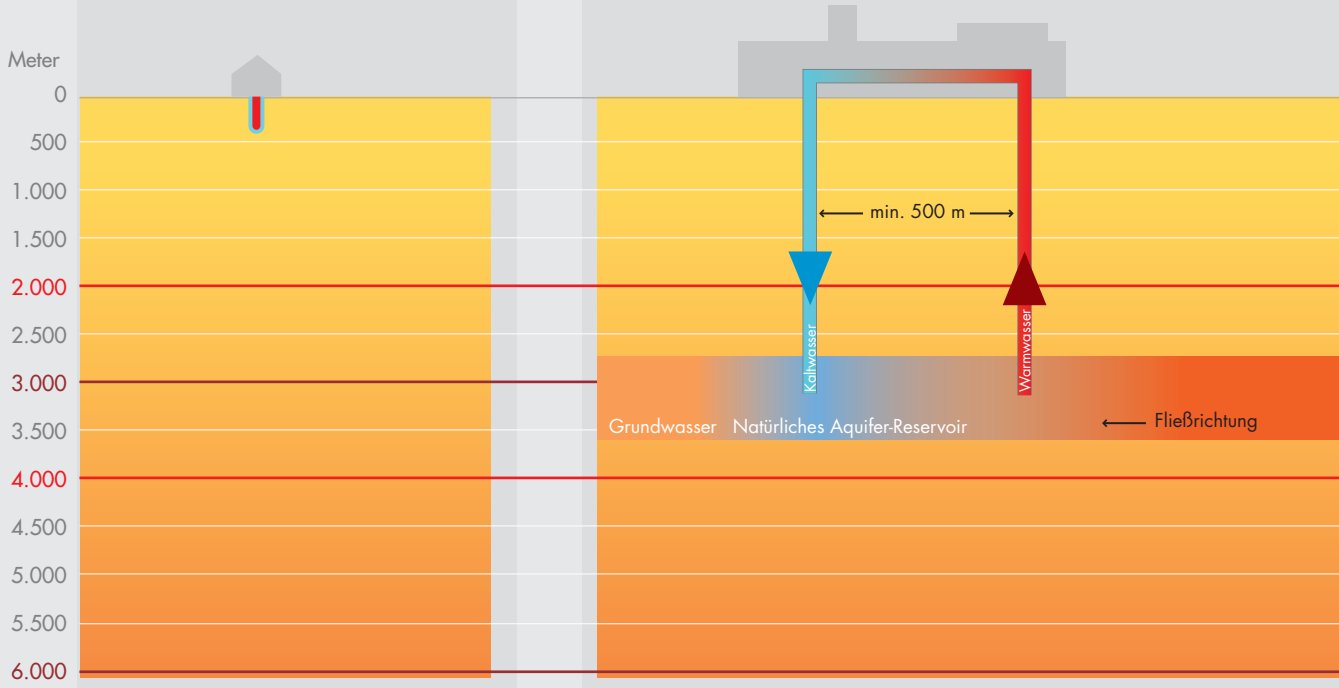
Wärme aus Sonnenenergie und Wärmestrom aus der Tiefe. Bereitstellung von Wärme über Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser; Wärme- und Kältespeicherung in Aquiferen

Bis zu einer Tiefe von 400 m spricht man von flacher oder oberflächennaher Geothermie. Hierbei wird Wärme aus gespeicherter Sonnenenergie und dem Wärmestrom aus der Tiefe genutzt für die Wärmeerzeugung über Wärmepumpen für die Beheizung und Warmwasserversorgung von Gebäuden.

Hydrothermale Systeme (2.000 bis 4.000 m)

Direkte Wärmenutzung aus küftigporösen oder verkarsteten Gesteinsschichten über Aquifere zur Erzeugung von Wärme > 20 °C und Strom und Wärme > 100 °C

Bei hydrothermalen Systemen werden in den unterirdischen Gesteinsformationen vorhandene wasserführende Schichten (Aquifere) genutzt. Das warme oder heiße Thermalwasser wird nach oben gefördert, in Wärmetauschern für die Stromerzeugung und/oder für die Wärmegewinnung für Nah-/Fernwärmenetze abgekühlt und dann in ausreichendem Abstand in die gleiche Aquiferschicht reinjiziert. In Deutschland kommen praktisch nur hydrothermale Systeme zur Anwendung. Bei hohen Förderraten des Thermalwassers, die teilweise im Süddeutschen Molassebecken zu realisieren sind, ist eine Verstromung bei Wassertemperaturen ab ca. 100 °C über bestimmte Verfahren (siehe ab Seite 8: ORC-Anlage, Kalinaprozess) möglich. Eine direkte Nutzung von geothermischen Dampf- oder Zweiphasensystemen aus Hochenthalpie-Lagerstätten zur Stromerzeugung existiert wegen fehlender Lagerstätten mit diesen thermischen Eigenschaften in Deutschland nicht.

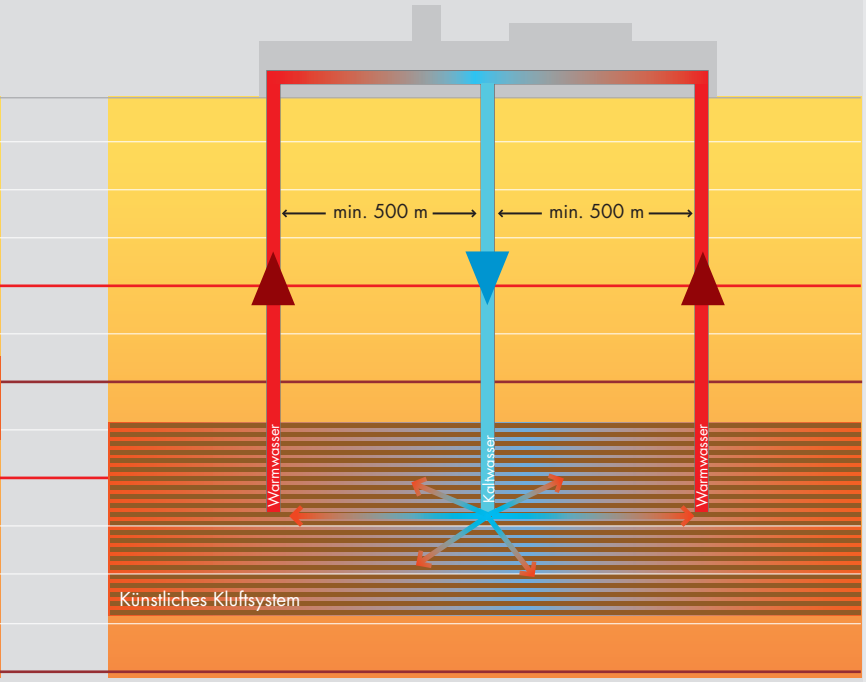


Petrothermale Systeme (3.000 bis 6.000 m)

Wärme zur Wärme- und Stromerzeugung aus heißem, überwiegend trockenem Gestein des kristallinen Grundgebirges über induziertem Wasserkreislauf mittels technischer Permeabilitätserweiterung

Bei wenig wasserführenden Gesteinsschichten mit hoher Temperatur kann Wasser in künstlich erzeugten Rissen zirkuliert werden. Dieses Verfahren wird als Petrothermale Geothermie bezeichnet (auch Hot-Dry-Rock, Deep-Heat-Mining, Hot-Wet-Rock, Hot-Fractured-Rock, Stimulated-Geothermal-System). HDR-Systeme werden primär zur Stromerzeugung eingesetzt. Sie befinden sich derzeit noch im Forschungsstadium, eine kommerzielle Anwendung gibt es noch nicht.

Weitere, aber selten angewandte Bereiche der tiefen Geothermie sind der Einsatz tiefer Erdwärmesonden, die Nutzung von Erdwärme aus Bergwerken, Tunneln, Kavernen sowie die Energiespeicherung. Im Folgenden wird daher nur näher auf hydrothermale Systeme als Hauptanwendungstechnik eingegangen.



Quelle: GFZ Potsdam

Bevorzugte Gebiete für tiefe Geothermie-Anlagen in Deutschland

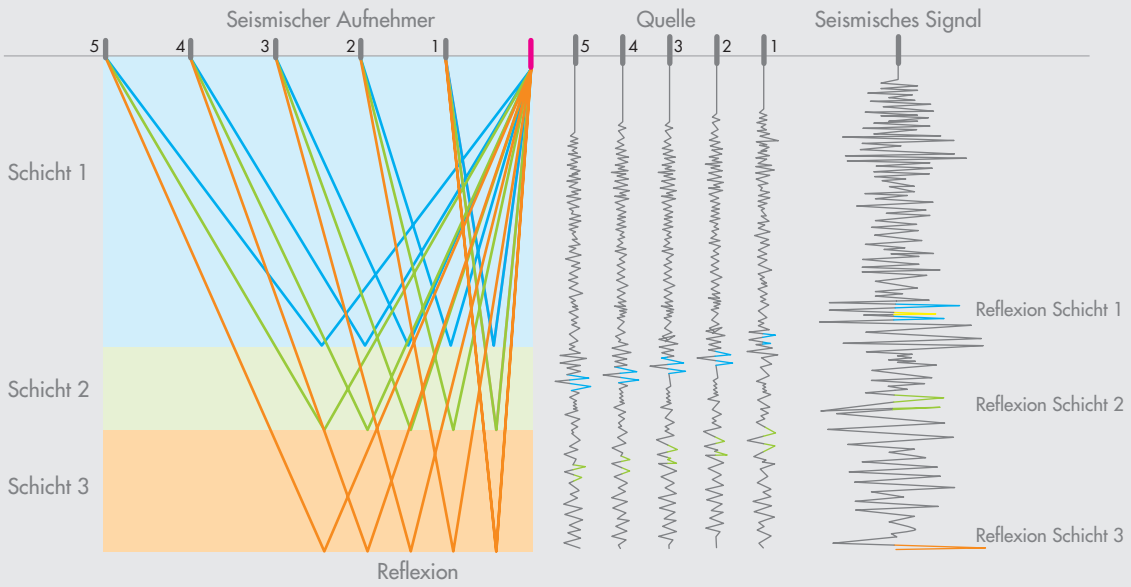
Die Erdwärme stammt zum einen aus der Restwärme aus der Zeit der Erdentstehung und zum größeren Teil aus natürlichen, radioaktiven Zerfallsprodukten in der Erdkruste. Im Mittel steigt die Temperatur in der Erde mit der Eindringtiefe um 3 Kelvin (K) je 100 m an. Man muss also rund 3 km tief bohren, um die 100 °C-Marke zu erreichen. In der Ölindustrie gelten solche Bohrungen nicht als besonders tief. In Deutschland gibt es jedoch Gebiete mit deutlichen Abweichungen von diesem Mittelwert des Temperaturgradienten: In Bereichen des Oberrheingrabens und des Norddeutschen Beckens nimmt die Temperatur je 100 m um 5 K, teilweise sogar über 10 K zu. Diese Regionen sind daher besonders geeignet für Geothermie-Projekte, da nicht so tief gebohrt werden muss bzw. höhere Temperaturen erreicht werden können (Abb. Seite 7). Das Süddeutsche Molassebecken zeichnet sich durch die möglichen hohen Förderraten aus. Hierdurch ist es ein bevorzugtes Ziel geothermischer Exploration geworden.

Die tiefe Geothermie zählt als regenerative Energie und eignet sich vorwiegend zur dezentralen Nutzung. Sie ermöglicht eine problemlose nachfragegerechte Energiebereitstellung.

Standortwahl, Eigenschaften des Nutzhorizontes

Zur Festlegung und Charakterisierung des Standortes einer Geothermie-Anlage sind Kenntnisse über die Eigenschaften des tiefen Untergrunds erforderlich. Hierzu erfolgen zunächst geologische Voruntersuchungen. Anschließend erfolgt die Auswertung vorhandener seismischer Daten und von Bohrprofilen aus der näheren Umgebung. Sind keine oder nur wenige Altdaten vorhanden, wird häufig eine neue Seismik als 2D- oder 3D-Seismik durchgeführt. Mit diesen Daten können der Bohransatzpunkt und die Planung des Bohrpfades erfolgen, um den Thermalwasseraquifer möglichst optimal zu erschließen. Nach Fertigstellung der Förderbohrung sollen hydraulische Tests Informationen über Durchlässigkeits- und Speichereigenschaften sowie letztlich über die Fündigkeit und Ergiebigkeit der Bohrung liefern. Zur weiteren Information wird auf das Regelwerk vom DIN bzw. DVGW verwiesen.

Prinzip der Reflexionsseismik



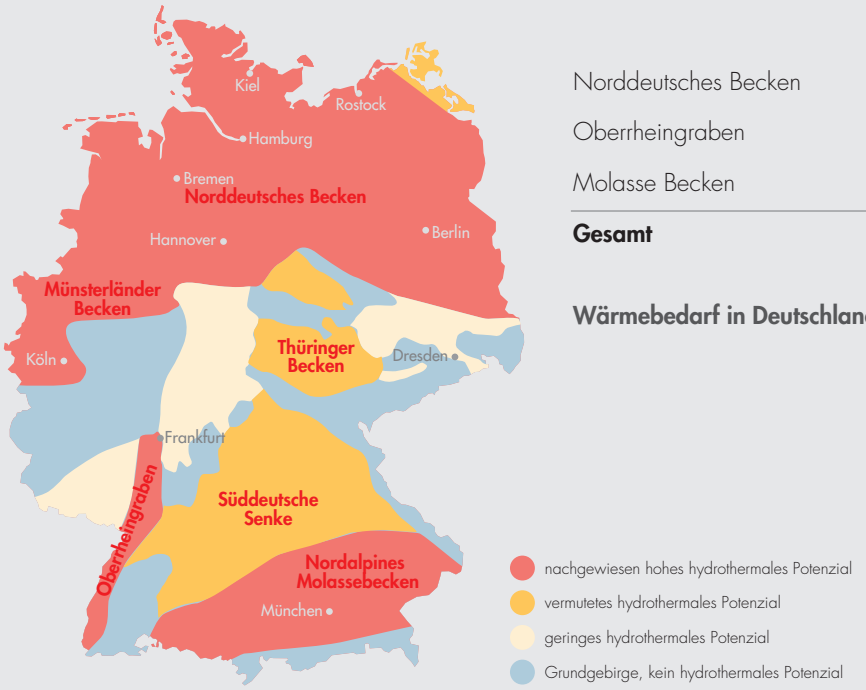
Quelle: RWE-DEA

Thermalwasserkreislauf durch Dubletten

Die hydrothermale Nutzung von Wasser aus Aquiferen erfolgt über eine Förder- und eine Injektionsbohrung, Dublette genannt (Abb. Seite 4/5). Die beiden Bohrungen müssen unter Tage einen Mindestabstand haben, um einen hydraulischen oder thermischen Kurzschluss zu verhindern und einen Bewirtschaftungszeitraum von mindestens 20 bis 30 Jahren zu ermöglichen. Andererseits muss sichergestellt sein, dass beide Bohrungen im gleichen Aquifer münden, um das hydraulische Gleichgewicht möglichst wenig zu beeinflussen. Zweckmäßig werden diese Bohrungen von einem Bohrplatz aus niedergebracht, um eine kompakte Installation der oberirdischen Anlagen an einem Ort zu erreichen.

Das Thermalwasser wird mit einer Tauchpumpe an die Oberfläche gefördert, wobei die natürlichen Druckverhältnisse im Erdreich diesen Vorgang unterstützen. Anschließend zirkuliert es in einem geschlossenen Kreislauf durch Wärmetauscher, die die Wärme in einen sekundären Kreislauf für die Nutzung zur Stromerzeugung oder zur Fernwärmeversorgung übertragen. Das ausgekühlte Thermalwasser wird über die Injektionsbohrung wieder dem Aquifer zugeführt.

Hydrothermale Wärmepotenziale



Norddeutsches Becken	293 EJ
Oberrheingraben	156 EJ
Molasse Becken	64 EJ
Gesamt	**513 EJ**

Wärmebedarf in Deutschland **5 EJ/a**

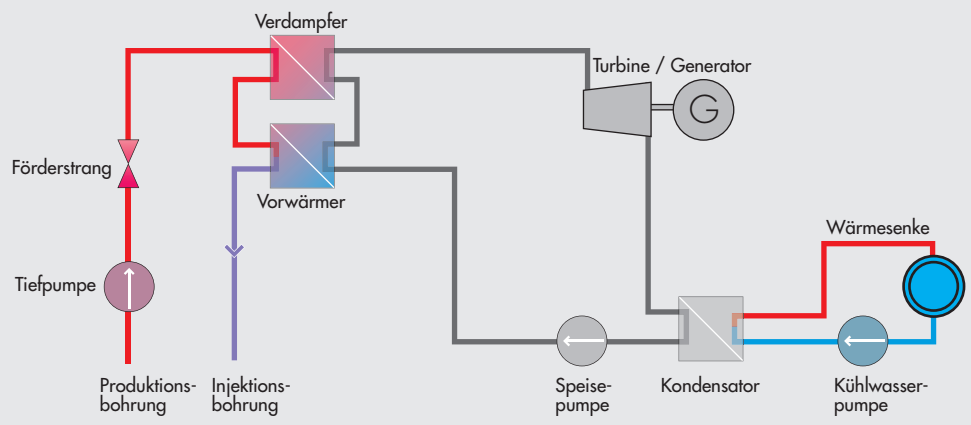
Quelle: BGR Hannover

Stromerzeugung

Bei Wassertemperaturen über 100 °C kann Strom durch eine ORC- oder Kalina-Anlage produziert werden. Dies sind Verfahren zum Betrieb von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmedium als Wasser.

Das Organic-Rankine-Cycle-Verfahren (ORC) nutzt dabei organische Flüssigkeiten mit niedriger Verdampfungstemperatur, wie z. B. n-Pentan mit einem Siedepunkt von 30 °C (anstelle von 100 °C wie bei Wasser). Es wird in den Geothermie-Kraftwerken in Neustadt-Glewe und Landau/Pfalz eingesetzt.

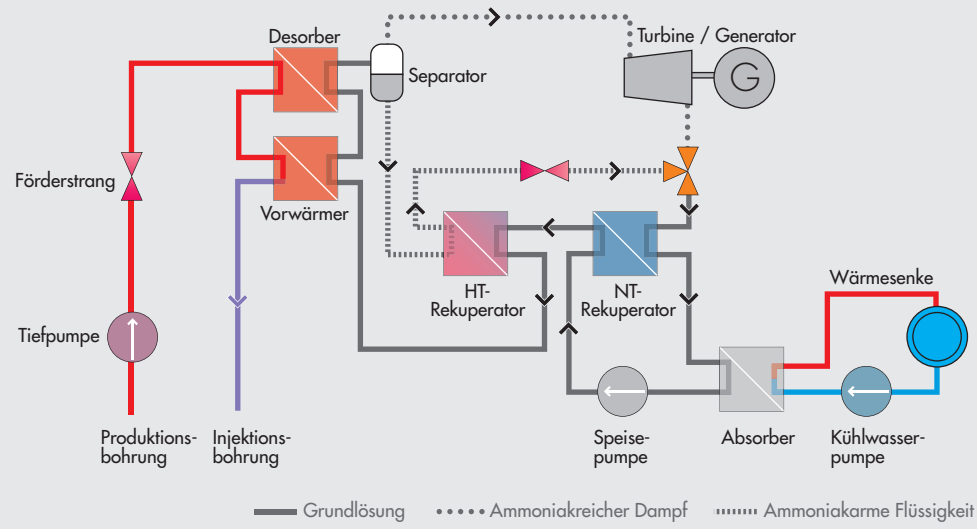
Funktionsprinzip Organic-Rankine-Cycle (ORC)



Quelle: Clausius-Rankine-Prozess mit organischem Arbeitsmittel

Das Kalina-Verfahren (benannt nach einem russischen Ingenieur) verwendet als Arbeitsmittel ein Ammoniak-Wasser-Gemisch. Die erste Anlage dieser Art in Deutschland ist beim Geothermieprojekt in Unterhaching gebaut worden.

Funktionsprinzip Kalina-Kreislauf



Quelle: Kalina-Kreislauf nach Leibowitz und Mlcak

Wärmeerzeugung

Der am weitesten verbreitete Anwendungsbereich der tiefen Geothermie in Deutschland ist die Wärmeversorgung, häufig in Form einer Fernwärmeversorgung. Sind die Temperaturen des gewonnenen Thermalwassers ausreichend hoch, kann eine direkte Nutzung in der Wärmeversorgung erfolgen. Bei Fördertemperaturen unter 60 °C wird die Geothermie mit einer Wärmepumpe gekoppelt. Hierfür eignen sich besonders Gasabsorptionswärmepumpen. Für die Bereitstellung der Spitzenlast in einem Fernwärmesystem und als Versorgungsreserve ist ein Spitzenlastkessel erforderlich. Die Auslegung des Gesamtsystems ist immer projektspezifisch vorzunehmen, wobei sowohl die am Ort anzutreffenden geologischen Verhältnisse als auch die Versorgungsstrukturen Einfluss finden. Ähnlich wie bei der Auslegung eines Blockheizkraftwerkes ist die tiefe Geothermie wegen der hohen Investitionen für die Bohrungen eine typische Grundlastversorgung.

Um eine optimale Ausnutzung der Wärmeenergie des Thermalwassers zu erzielen, bietet es sich wo immer es möglich ist an, nach der Wärmenutzung in einem Fern- oder Nahwärmenetz noch eine Niedertemperaturnutzung einzubinden. Besonders gut eignen sich hierfür landwirtschaftliche oder Gartenbaubetriebe oder Aquakulturen wie z. B. eine Fischzucht. In den Niederlanden erlebt die tiefe Geothermie zurzeit einen Boom für die Wärmeversorgung der sehr zahlreichen Gewächshäuser.

Bei entsprechendem Chemismus des Thermalwassers kann die geförderte Sole nach der thermischen Nutzung auch noch in einem Thermalbad zu balneologischen Anwendungen genutzt werden. In Waren (Mecklenburg-Vorpommern) wird aus der für die Fernwärmeversorgung geförderten Thermalsole noch ein Badesalz und eine Kosmetikserie hergestellt und vermarktet.

Fotos: ErdwärmeKraftwerk Neustadt-Glewe, Quelle: ErdwärmeKraft GbR

Fotos: Geothermie Unterhachingen

Wie beim üblichen Kraftwerksprozess mit Wasser als Arbeitsmedium wird der Dampf in Turbinen entspannt und treibt Stromgeneratoren an. Den Dampfturbinen sind Kondensatoren nachgeschaltet, in denen die Kondensationswärme des Arbeitsmediums an einen Kühlkreislauf abgegeben wird, in der Regel an ein Fernwärmenetz.

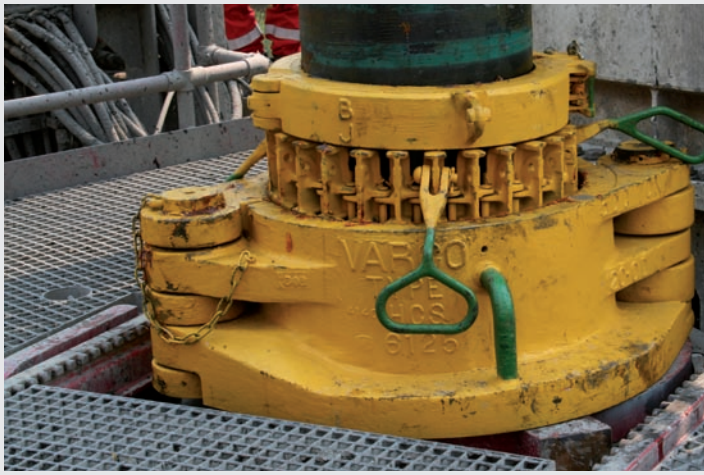
Falls die Wärme nicht genutzt werden kann, übernehmen Trockenkühltürme die Rückkühlung. Eine Dampfbildung wie bei üblichen Kraftwerkskühltürmen tritt dabei nicht auf.

Eindrücke der Bohrung Groß Schönebeck Gt GrSk 4/05 aus den Jahren 2006 und 2007 von der Platzvorbereitung und dem Aufbau der Bohranlage über die verschiedenen Bohrphasen hin zu den Stimulations- und Testarbeiten.

Baubeginn

Asphaltarbeiten am Bohrplatz

Bohrphase 1: Junk Basket



Rohreinbau 18 5/8'' bis 739 m

Bohrlochkopf der Bohrung Gt GrSk 4/05

Stützsilos

Aufbau der Bohranlage

Bohrmeissel

Fotos: HelmholtzZentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum - GFZ

Bohrphase 2: abrasives Verhalten

Zementierstopfen

Überwachung Wasserfrac

Perforationstool

Ökologische Aspekte

Geothermische Stromerzeugung

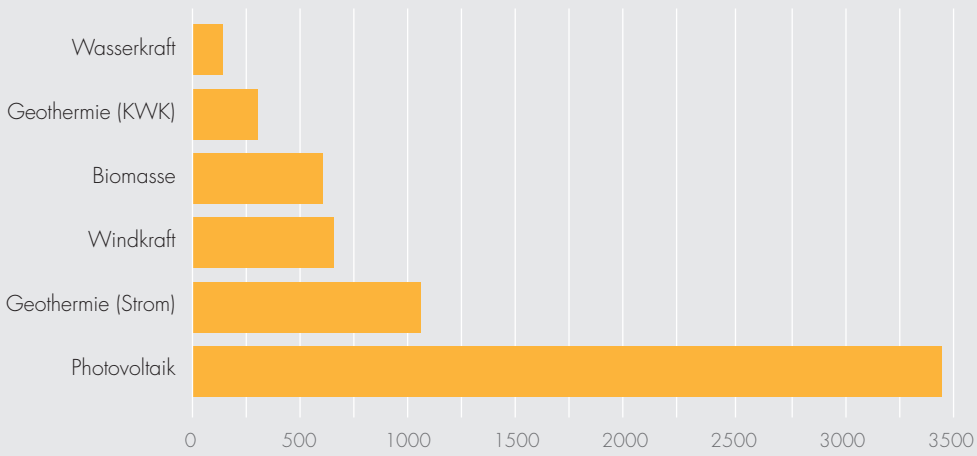
Die Geothermie ist neben der Wasserkraft, der Biomasse, der Windenergie und der Photovoltaik eine Option zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Vorteile der Erdwärme sind hierbei die im Gegensatz zu Wind und Photovoltaik kontinuierliche und dem Verbrauch anzupassende Verfügbarkeit sowie die Möglichkeit der Einspeisung in Fernwärmenetze.

Als Kriterium zur ökologischen Bewertung von Energien wird u. a. der spezifische fossile Primärenergieverbrauch herangezogen. Diese Kennzahl ist das Verhältnis von fossilem Energieverbrauch zu erzeugter regenerativer Energie. Die unten abgebildete Grafik zeigt den Wert für unterschiedliche regenerative Energieerzeugungsanlagen. Am günstigsten schneidet Wasserkraft ab, am schlechtesten die Photovoltaik. Die Nutzung der tiefen Geothermie ist aufgrund des Anlagenbaus auch mit dem Verbrauch von fossiler Energie verbunden.

Der spezifische fossile Energieverbrauch für die tiefe Geothermie ist über die technische Lebensdauer jedoch sehr gering, insbesondere beim Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung mit Nutzung der Abwärme neben der Stromerzeugung. In diesem Fall ist diese Technik besser als Biomasse, Windkraft und Photovoltaik bewertet worden. Bei Nutzung der tiefen Geothermie nur zur Stromerzeugung wird die Bilanz ungünstiger.

Neben dem deutlich kleineren Verbrauch von fossilen Energien ist die tiefe Geothermie vor allem durch die entsprechend geringeren Emissionen der sauren und klimawirksamen Schadstoffe gekennzeichnet.

Fossiler Primärenergieverbrauch bei regenerativen Energien in GJ pro erzeugter GWh



Quelle: IE Leipzig

Geothermische Fernwärmeerzeugung

Die Nutzung der tiefen Geothermie für die Fernwärmeversorgung weist neben den Vorzügen der Versorgungssicherheit und der Preisstabilität auch in Bezug auf den Klimaschutz Vorteile auf. Es entstehen keine direkten CO_2-Emissionen, nur für den Energieeinsatz beim Betrieb der Hilfsaggregate entstehen CO_2-Emissionen in geringem Umfang. Verglichen mit der Wärmebereitstellung aus Biomasse hat die Geothermie zudem den großen Vorteil, dass sie auch keine anderen Schadstoffe wie z. B. Feinstaub emittiert.

Ein Beispiel für die hervorragende Umweltverträglichkeit von geothermischen Fernwärmeversorgungen ist die Geothermieanlage der GEOVOL Unterföhring GmbH, der für ihre geothermische Fernwärmeversorgung ein Primärenergiefaktor von nur 0,45 zertifiziert wurde (Quelle: www.geovol.de). Demgegenüber weisen Fernwärmenetze, die mit der bekanntermaßen umweltfreundlichen Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, einen pauschalen Primärenergiefaktor von 0,7 auf. Durch den Einsatz von Bio-Erdgas im Spitzenlastkessel und regenerativ erzeugtem Strom als Antrieb für die Nebenaggregate kann sogar eine CO_2-neutrale Fernwärmeversorgung bei der Kombination von Geothermie und Bio-Erdgas erzielt werden.

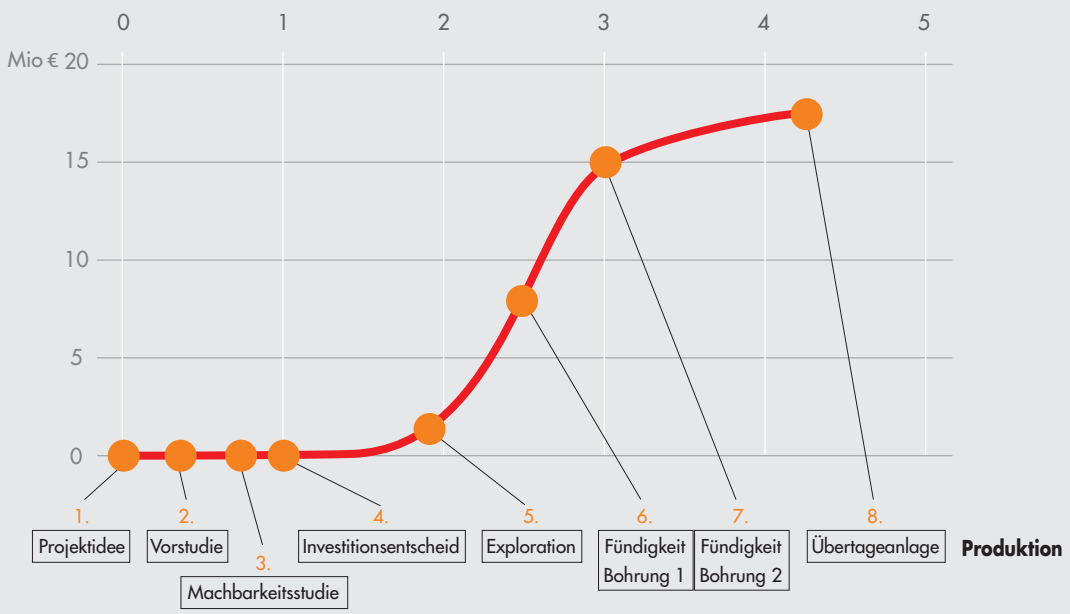
Ökonomische Aspekte der Geothermie

Die Nutzung der tiefen Geothermie steht in Deutschland noch am Anfang der Entwicklung. Daher sind allgemeinverbindliche Aussagen über die Investitionshöhe und die Wirtschaftlichkeit von Projekten noch nicht möglich. Zudem ist jedes Projekt individuell zu betrachten, da die regionale Geologie maßgeblich den Erfolg oder Misserfolg eines Geothermieprojektes bestimmt.

Investitionen

Die grundsätzliche ökonomische Philosophie bei der Realisierung eines Projektes der tiefen Geothermie ist es, Brennstoffkosten durch Investitionskosten zu ersetzen. Bestimmend für die Gesamtkosten eines Projektes sind die Bohrkosten und die Kosten für die Errichtung eines Fernwärmenetzes. Muss ein neues Fernwärmenetz für die Verteilung der geothermisch gewonnenen Wärme aufgebaut werden, betragen die Netzausbaukosten vielfach über 50 % der Gesamtinvestition. Kann man ein bestehendes Netz nutzen oder dient die tiefe Geothermie einer Objektversorgung oder vorrangig der Stromerzeugung, sind regelmäßig die Tiefenbohrungen der größte Kostenfaktor. Deren Höhe bestimmt sich wiederum aus der Bohrtiefe und der örtlichen Geologie. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren können die Investitionen für ein Projekt der tiefen Geothermie in einer großen Bandbreite schwanken. Die Spanne reicht von ca. 3 Mio. € für die Versorgung eines Einzelobjektes mit einer tiefen Erdwärmesonde bis hin zu 100 Mio. €, die man für eine 4000 m tiefe hydrothermale Dublette mit Errichtung eines Geothermie-Kraftwerkes und dem Neubau eines Fernwärmenetzes für eine Mittelstadt investieren muss.

Verlauf der Kostenentwicklung eines Geothermieprojektes



Die tatsächliche Höhe der Investitionen ist abhängig vom jeweiligen Projekt. Quelle: BMU Nutzungsmöglichkeiten der Tiefen Geothermie in Deutschland

Den typischen Verlauf der Kostenentwicklung eines Geothermieprojektes zeigt die Abbildung auf Seite 14. Danach sind die Aufwendungen bis zum Investitionsentscheid, dass eine Geothermiebohrung abgeteuft wird, durchaus überschaubar. Allerdings soll nicht unerwähnt bleiben, dass auch seismische Voruntersuchungen, speziell die Durchführung einer neuen 3D-Seismik, bereits beträchtliche Investitionen in der Phase der Vorerkundung erfordern.

Wirtschaftlichkeit

Generelle Aussagen zur Wirtschaftlichkeit eines Geothermieprojektes sind natürlich genauso wenig zu treffen wie zu der Höhe der Investitionen. Nur eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des individuellen Projektes im Rahmen der Machbarkeitsstudie kann hierüber eine Aussage liefern. Die zunehmende Anzahl realisierter Geothermie-Projekte in jüngerer Zeit lässt jedoch den Schluss zu, dass bereits heute bei günstigen Voraussetzungen die Wirtschaftlichkeit der tiefen Geothermie vorhanden ist.

Fördermittel

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt hat die KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau interessante Förderprogramme für die tiefe Geothermie aufgelegt. Die folgenden Abbildungen geben einen ersten Überblick über die Förderung der tiefen Geothermie durch die KfW.

KfW-Programm

Voraussetzungen

Wer?

- Natürliche Personen
- Freiberuflich Tätige
- Kleine und mittlere Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft
- Kommunen

Wie?

Bankdurchgeleiteter Kredit (bei Kommunen Direktkredit):

- Finanzierungsanteil KfW bzw. öffentliche Mittel: max. 80 %
- Höchstbetrag: 10 Mio. Euro pro Vorhaben, Wärmenetze sind separates Vorhaben
- Laufzeiten / Freijahre: 5/1, 10/2, 20/3; bei max. 10-jähriger Zinsbindung
- Auszahlung: 96 %
- besondere Förderung für kleinere Unternehmen (Zinsverbilligung von 0,25 % p.a.)

Tilgungszuschuss

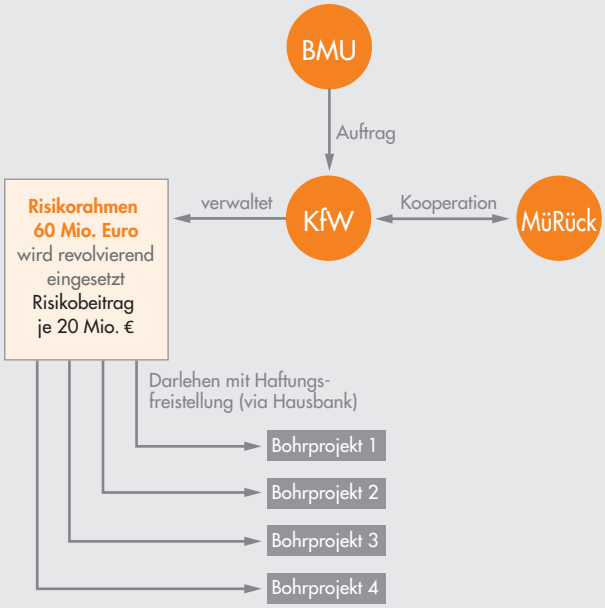
- Für die förderfähigen Anlagen werden ergänzend zu den KfW-Krediten Tilgungszuschüsse aus Bundesmitteln gewährt

Was?

Nach den BMU-Richtlinien förderfähige Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Erzeugung von Wärme: Anlagen zur Nutzung der Tiefengeothermie sowie Wärmenetze

Quelle: KfW

Idee und Funktion des Förderprogramms „Fündigkeitsrisiko Tiefengeothermie“



Quelle: KfW

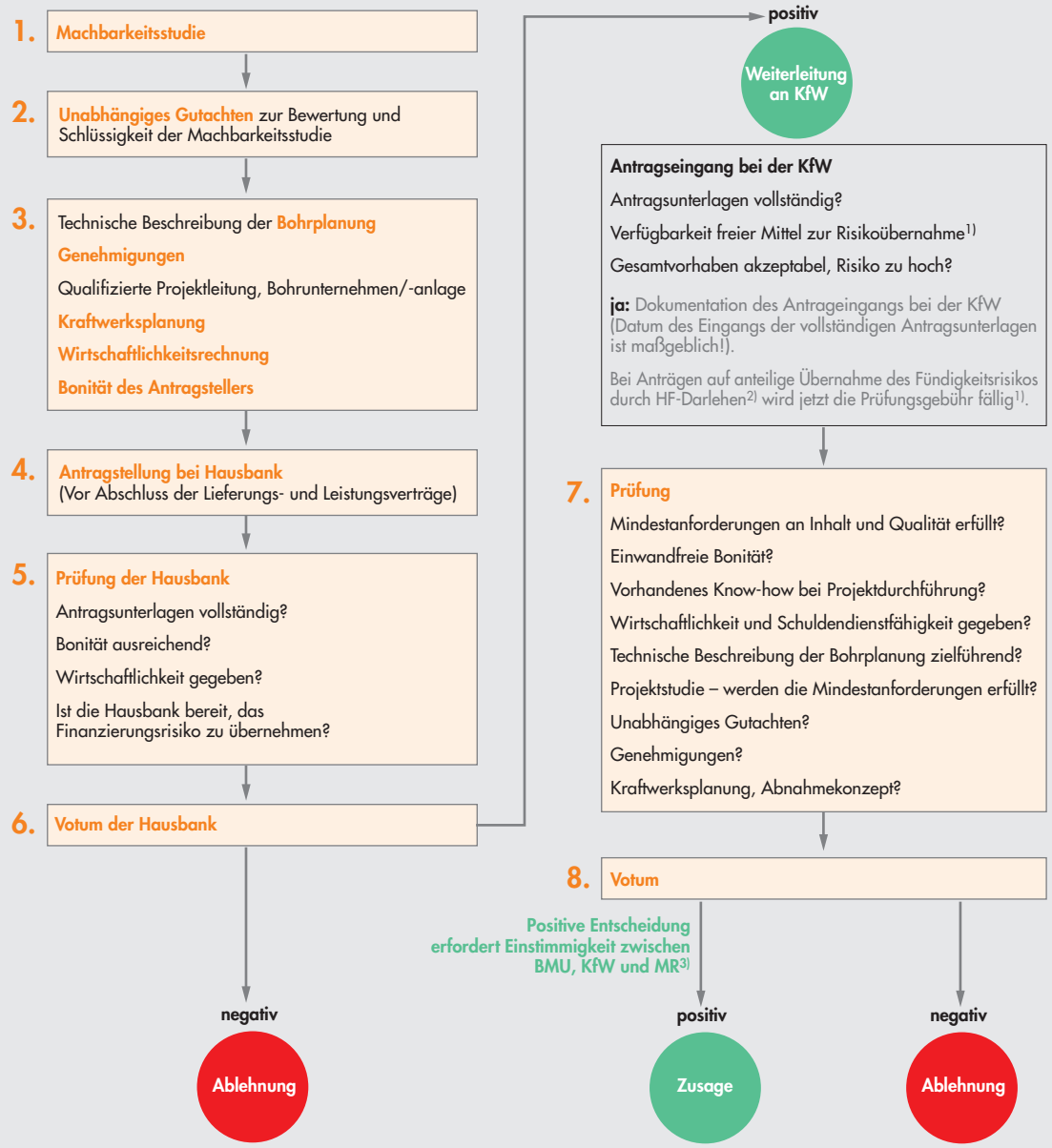
Beispiele für Fördersätze Geothermie

Tiefengeothermie (ausschließlich für thermische Nutzung ab 400 m Bohrtiefe)			
Anlagenförderung	Förderbaustein (a)	**200 €/kW** errichteter bzw. erweiterter Nennleistung	**max. 2.000.000 € je Anlage**
Bohrkostenförderung	Förderbaustein (b)	**375 €/kW** ab 400 bis 1.000 m **500 €/kW** ab 1.000 bis 2.500 m **750 €/kW** ab 2.500 m vertikale Tiefe	**2.500.000 € je Bohrung einer Dublette max. 5.000.000 €**
Mehraufwendungen	Förderbaustein (c)	**50 %** des nachgewiesenen Mehraufwandes	**höchstens 50 % der Plankosten max. 1.250.000 € je Bohrung**

Errichtung von EE-Wärmenetzen Mindestwärmeabsatz 500 kWh/a	
Wärmenetze	**20 % Solarthermie,** Rest: KWK oder WP = min. 50 % aus EE
Erstmalige Erschließung	**60 €/m** (KWKG-Förderung: **20 €/m)**
Erschlossenes Gebiet	**80 €/m** (KWKG-Förderung: **20 €/m)**

Hinweis: Fördersätze und Förderbedingungen unterliegen einer ständigen Dynamik. Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben. Vielmehr dient das skizzierte Szenario ausschließlich der Orientierung. Quelle: KfW

Ablaufszenario Entscheidungsprozess in 8 Schritten



1) Fündigkeitsabsicherung; 2) HF = Haftungsübernahme ; 3) Im Programm Erneuerbare Energien: KfW mit Zustimmung des BMU

Quelle: KfW

EEG-Vergütungen

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG regelt die Vergütungen der Einspeisung von Strom aus Geothermie. Seit 1. Januar 2009 gelten folgende Boni für die Stromerzeugung:

Anlagen bis 10 MW_{el}	16,00 cent/kWh_{el}
Anlagen über 10 MW_{el}	10,50 cent/kWh_{el}

Weiterhin gibt es einen Bonus für die Wärmenutzung in Fernwärmenetzen bei Abnahme von 20 % der hierfür zur Verfügung stehenden Wärmemenge bei:

Anlagen bis 10 MW_{el}	3,00 cent/kWh_{el}

Für Geothermie-Anlagen, die vor dem 1. Januar 2016 in Betrieb gehen gibt es einen Schnellstarterbonus von:

Start vor 1.1.2016	4,00 cent/kWh_{el}

Anlagen mit Petrothermale Nutzung (HDR) erhalten einen weiteren Bonus:

Technologiebonus	4,00 cent/kWh_{el}

Für alle Boni beträgt der Vergütungszeitraum 20 Jahre, bei einer Degression von 1,0 % pro Jahr ab 2009.

Nach der Novelle des EEG 2012 steigt die Vergütung für Strom aus Geothermie auf 25 cent/kWh_{el}.

Im Gegenzug entfallen die bisherigen Boni bis auf den Technologiebonus (zukünftig 5 cent/kWh_{el}).

Genehmigungsverfahren

Für die Erkundung, Erschließung und Nutzung von tiefer Geothermie gelten in Deutschland die Bestimmungen des Bundesberggesetzes, da Erdwärme per Definition ein bergfreier Bodenschatz ist. Das bedeutet, dass sich das Eigentum an einem Grundstück nicht auf den im Bereich dieses Grundstücks befindlichen Bodenschatz Erdwärme erstreckt. Oberflächennahe Bohrungen bis 100 m zur Versorgung des eigenen Grundstücks sind hiervon ausgenommen. Bohrungen von mehr als 100 m Tiefe sind aber in jedem Fall der zuständigen Landesbergbehörde anzuzeigen.

Die Genehmigungsverfahren für eine Nutzung der tiefen Geothermie umfassen neben der Erlaubnis zum Aufsuchen von Erdwärme verschiedene bergrechtliche Betriebsplanverfahren, immissionsschutzrechtliche Genehmigungen, Wasserrechtsverfahren, bau- und planungsrechtliche Verfahren sowie nach erfolgreicher Aufsuchung die bergrechtliche Bewilligung zur Gewinnung von Erdwärme. Die komplexen genehmigungsrechtlichen Zusammenhänge und Verfahren veranschaulichen die folgenden Abbildungen.

In Bayern wurden nach der Neufassung des EEG mit den höheren Einspeisevergütungen ab Januar 2009 rund 100 neue Aufsuchungsrechte (Claims) beantragt. Diese sind zeitlich befristet und gelten zum Beispiel in Bayern zunächst für 3 Jahre.

Bergrechtliche Genehmigungsverfahren

Explorationsphase:
Erlaubnis + Betriebsplan

Gewinnung:
Bewilligung + (ggf. Bergwerkseigentum) + Betriebsplan

Erschließung des bergfreien Bodenschatzes **Erdwärme**

1. Phase Aufsuchung	
§ 7 BBergG	Erlaubnis
§ 51 ff BBergG	Betriebsplan
2. Phase Gewinnung	
§ 8 BBergG	Bewilligung
§ 9 BBergG	Bergwerkseigentum
	Bewilligungsfeld max. 25 m²
§ 51 ff BBergG	Betriebsplan
	Wasserrechtliche Erlaubnis

Quelle: Sterr-Kölln & Partner

Genehmigungsverfahren nach BBergG

Anzeigenerfordernis nach Lagerstättergesetz

Quelle: Sterr-Kölln & Partner

Einordnung der Genehmigungsverfahren in den Projektablauf

Phase		
1.	**Vorplanung + Sicherung des Feldes**	• Auswahl eines / mehrerer potentieller Standorte • Auswertung geowissenschaftlicher Publikationen • Auswertung vorhandener Infrastruktur und Flächennutzungsplan • Prüfung Naturschutzrecht • Beantragung der Aufsuchungserlaubnis • Betriebsplanverfahren
2.	**Prospektion**	• Kenntnisstandsanalyse ggf. mit gekauften Daten • Technische Konzeption (Untertage, Obertage) • Erste Wirtschaftlichkeitsbetrachtung • Zeitplan • Öffentlichkeitsarbeit
3.	**Oberirdische Exploration**	• Durchführung von neuer 2D- oder 3D-Seismik • Fixierung benötigter Grundstücke • Vorklärung Genehmigungsfähigkeit der Bewilligung • Lärmschutzgutachten in Auftrag geben • Prüfung Immissionsschutzrecht • Bohrplanung
4.	**Bohrungen**	• Wasserrechtliche Gestattung • Konstruktion Bohrplatz mit Lärmschutzmaßnahmen • Förderbohrung • Bewilligungsantrag • Betriebsplanverfahren • Reinjektionsbohrung • Langzeitpumpversuch • Planung und Ausschreibung der übertägigen Geothermieanlage
5.	**Errichtung**	• Baurechtliche Genehmigung • Bau des oberirdischen Teils des Thermalwasserkreislaufs (mit Installation der Produktions- und Injektionspumpe) • Bau der Stromerzeugungsanlage • Bau der Wärmeversorgung • Wasserrechtliche Gestattung
6.	**Betrieb**	• Stromeinspeisung • Wärmenutzung • Wartung • Wasserrechtliche Gestattung

Alle Angaben ohne Gewähr. Sie dienen lediglich der Orientierung.

Chancen und Risiken der Geothermie

Chancen

Die Notwendigkeit zur Nutzung neuer Alternativen zur Energieversorgung ist unumstritten angesichts der drohenden Auswirkungen des Klimawandels sowie der begrenzten regionalen und nationalen Vorkommen und den abnehmenden Reserven der fossilen Energieträger weltweit. Wind- und Sonnenenergie können als regenerative Energien nur einen begrenzten Beitrag liefern. Dieser hängt ab von der Verfügbarkeit von Wind und Sonne und macht eine Energiespeicherung notwendig.

Erdwärme ist dagegen stetig nutzbar und grundlastfähig. Die Geothermie bietet somit ausgezeichnete Möglichkeiten zur Ergänzung des Energiemix. Darüber hinaus ermöglicht sie kommunalen Energieversorgungsunternehmen eine Möglichkeit zur regionalen Dezentralisierung der Energieversorgung und Stärkung der Unabhängigkeit. Die Investition in die Geothermie stellt immer auch eine Investition in die Zukunft und die zunehmende Unabhängigkeit von den Entwicklungen auf den Weltenergiemärkten dar.

Risiken

Den Chancen gegenüber stehen natürlich auch Risiken, von denen die für Geothermie-Projekte wesentlichsten im Folgenden kurz erwähnt werden:

Geologisches Risiko

Das geologische Risiko besteht darin, dass die prognostizierte Fündigkeit nicht erreicht wird und die Thermalwasser-Förderrate oder dessen Temperatur zu gering sind. Diese Risiken können durch detaillierte geophysikalische Voruntersuchungen wie die Seismik verringert werden. Es gibt auch die Möglichkeit, das Fündigkeitsrisiko durch eine Fündigkeitsversicherung abzusichern.

Bohrtechnisches Risiko

Bei Bohrungen kann es vorkommen, dass sich der Bohrmeißel festfrisst bzw. ungünstige Gesteinsformationen zu zeitlichen Verzögerungen führen. Abhilfe schaffen hier vertragliche Vereinbarungen über die Risikoverteilung/-verlagerung auch auf das Bohrunternehmen und den Anlageninvestor sowie wiederum eine detaillierte und genaue Voruntersuchung. Teilweise ist hier auch ein Versicherungsschutz möglich.

Wirtschaftliches Risiko

Das wirtschaftliche Risiko kann durch eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse minimiert werden. Besonders wichtig ist eine professionelle Projektleitung zur Koordinierung der Baumaßnahmen. Der personelle Aufwand hierfür wird oft unterschätzt. Bei der Nutzung von Geothermie zur Nah-/Fernwärmeversorgung ist die realistische Bewertung des Aufbaus der Wärmenetze und der Kunden von besonderer Bedeutung.

Betriebsrisiko

Nach der erfolgreichen Errichtung einer geothermischen Heiz- oder Kraftwerkszentrale besteht neben den üblichen Risiken des Versorgungsgeschäftes noch das spezielle Risiko des Ausfalls des Geothermie-Kreislaufes. Das größte Risiko stellt sicher ein Pumpendefekt dar, durch entsprechende Lagerhaltung kann man diesem Risiko begegnen. Da noch keine bzw. erst sehr wenige Langzeiterfahrungen mit der tiefen Geothermie in Deutschland vorliegen, ist auch die Aufrechterhaltung des geplanten Thermalwasserkreislaufes über einen Kalkulationszeitraum von 20 und mehr Jahren als Risiko einzustufen und zu bewerten.

Risiko seismischer Ereignisse und mangelnder Akzeptanz in der Bevölkerung

Die tiefe Geothermie, insbesondere die Bohrtätigkeiten, werden von den Behörden intensiv überwacht, um die Risiken für Mensch und Natur gering zu halten. Kleinere, kaum spürbare Erschütterungen sind bei der tiefen Geothermie grundsätzlich möglich, insbesondere bei der Stimulationsphase zur Erkundung und Verbesserung der hydraulischen Eigenschaften der Lagerstätte. Die Wahrscheinlichkeit von seismischen Ereignissen und deren Intensität ist sehr abhängig von den geologischen Gegebenheiten: Der Oberrheingraben ist z. B. anfälliger als das bayerische Molassebecken oder die norddeutsche Tiefebene.
Die Berichterstattung über eventuelle seismische Risiken und die mangelnde Kenntnis über die Nutzung der Geothermie können bei neuen Projekten zu Verunsicherungen in der Bevölkerung führen. Es herrschen Ängste um Hauseigentum, Lärm- und Verkehrsbelästigungen während des Baus sowie des Betriebs der Anlagen. Notwendig ist hier ein frühzeitiger aktiver Informationsaustausch zwischen den Investoren mit Bürgern, Gemeinden und Umweltgruppen.

Übersicht von Geothermie-Anlagen in Deutschland

Anlagen in Betrieb und Planung (Stromerzeugung S und Heizwärme HW)

	Geoth. Leistung in MW	el. Leistung in MW	Temperatur in °C	Teufe in m	Inbetriebnahme
Norddeutsches Becken					
Neustadt-Glewe (S, HW)	10,4	0,23	98	2 250	1994/ 2004
Waren/Müritz (HW)	1,5		62	1 530	1984
Neubrandenburg (HW)	3-4		55	1 285	1989
Prenzlau (HW) (Tiefe Erdwärmesonde)	150 kW		108	2 786	1994
Neuruppin (HW)	2,1		60	1 700	2007
Groß Schönebeck (S, HW)*	10,0	0,75	150	4 400	2011 geplant
GeneSys-Hannover*	2,0		160	3 900	2012 geplant
Rheingraben					
Bruchsal (S, HW)	5,5	0,55	120	2 500	2009
Landau/Pfalz (S, HW)	33,0	3,6	155	3 340	2007
Insheim (HW)	4,0		160	3 600	2011 geplant
Süddeutsches Molassebecken					
Unterhaching (S, HW)	38,0	3,4	122	3 350	2007/ 2009
Bernried a.S. (S, HW)	14,0	10,5	148	4 900	2012 geplant
Sauerlach (S, HW)	7,0	5,0	143	5 000	2011 geplant
Erding (HW)	4,5		65	2 350	1998/2009
Simbach (S, HW)	7,1	0,2	80	1 900	2001
Unterschleißheim (S, HW)	12,0		81	2 000	2003
München Riem (HW)	8,0		93	2 750	2004
Pullach (HW)	5,9		102	3 400	2005
Aschheim (HW)	7,0		85	2 630	2009
Dürrnhaar/ Aying (S)	5,0		137	3 700	2012
Poing (HW)	7,0		85	3 000	2011 geplant
Unterföhring (HW)	8,0		86	2 500	2009
Garching (HW)	15,0		74	2 200	2011

*Forschungsanlagen; Quelle: www.geotis.de, www.geothermie.de, Betreiberdaten

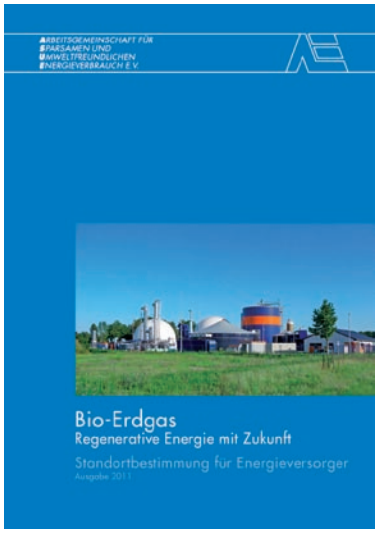
Weitere Informationen

Weiterführende Informationen zum Thema Tiefe Geothermie erhalten Sie unter folgenden Links:

www.erneuerbare-energien.de
www.geothermie.de
www.geotis.de
www.gfz-potsdam.de
www.kfw.de
www.tiefegeothermie.de

Informationen der ASUE zum Thema regenerative Energie

Erdgas aus Ökostrom
Bestellnummer 07 04 11



Bio-Erdgas
Bestellnummer 07 06 11

SeH Geräteübersicht
App für iPhone

Impressum

Herausgeber

ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

Litfaß-Platz 3, 10178 Berlin

www.asue.de
info@asue.de
Telefon 0 30 / 22 19 1349-0
Telefax 0 30 / 22 19 1349-9

Bearbeitung

ASUE-Arbeitskreis
Erdgas und Umwelt

Insbesondere
Dr. Hartmut Hechler
Dr. Stefan Bredel-Schürmann

Grafik

Kristina Weddeling, Essen

Bezug

energieDRUCK
Verlag für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch

Girardetstraße 2-38, Eingang 4
45131 Essen

www.energiedruck.de
bestellung@energiedruck.de
Telefon 02 01 / 79 98 92 04
Telefax 02 01 / 79 98 92 06

Geothermie
Bestellnummer: 07 05 11
Schutzgebühr: 3,50 Euro
Stand: Juni 2011

Die Herausgeber übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben.

www.asue.de

Überreicht durch: