

Geothermie

Wertschöpfung und Wirtschaftlichkeit von Geothermieprojekten in Deutschland

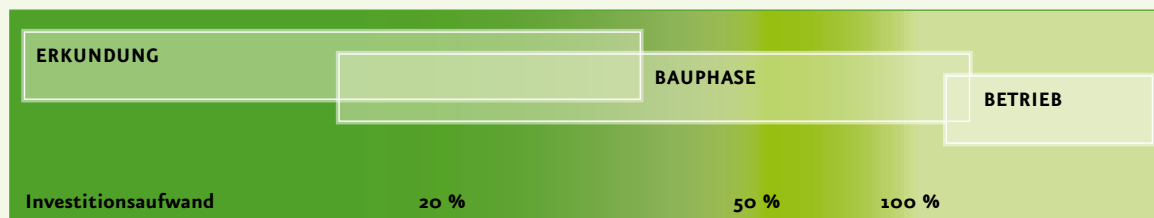
Die Wirtschaftlichkeit eines Geothermiekraftwerkes hängt von zahlreichen Einflussgrößen ab. Die wichtigsten sind die Thermalwassertemperatur, die dauerhafte Fließrate, die Höhe der Bohrkosten, der Anlagenwirkungsgrad und die Möglichkeit der Wärmeauskopplung. Belastbare Erfahrungswerte liegen für Deutschland bisher nur rudimentär vor. Existierende Forschungsprojekte sind nur bedingt repräsentativ, erste mehr oder weniger kommerzielle Anlagen befinden sich noch in der Realisierungsphase. Im Folgenden ist zusammengefasst, welche Wertschöpfungsstufen charakteristisch für die einzelnen Entwicklungsphasen eines Geothermieprojektes sind und wie der Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Projektes aussieht.

In die Wirtschaftlichkeit von Geothermieprojekten in Deutschland fließen verschiedene Faktoren ein, die die Höhe der Projektentwicklungs- und Investitionskosten sowie der laufenden Kosten und Erträge beeinflussen.

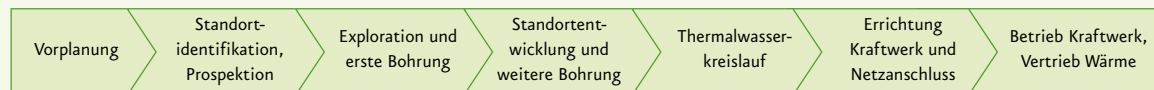
Die Kostenstruktur variiert in Abhängigkeit vom Standort, der Geologie sowie dem Wärmeabsatzmarkt. Die Größe des Pro-

jektes und die damit verbundene Komplexität und Ausgestaltung sowie das Verhältnis von genutzter Wärme und erzeugtem Strom nehmen einen starken Einfluss. Qualitativ können die Einflussfaktoren entsprechend dem Fortschritt der Projektentwicklung und den unten grafisch dargestellten Wertschöpfungsstufen in nachfolgend erläuterte Bereiche unterteilt werden.

WERTSCHÖPFUNGSSTUFEN EINES TIEFEN GEOTHERMIEPROJEKTS



Wertschöpfungsstufen



Involvierte Akteure (exemplarisch)

Geologische Dienste	Bohrunternehmen	Kraftwerkshersteller
Bergämter, GGA	Bohrgerätehersteller	Kraftwerksbetreiber
Planungsbüros, Projektentwickler	Pumpenhersteller	Projektentwickler
Inhaber Erlaubnisfeld	Projektentwickler	Versicherungen
Wärme- und Stromabnehmer	Unternehmen aus dem Umfeld Bohrung und Logging	Banken
Spezialfirmen (z. B. Seismik)	Versicherungen	Investoren
Investoren	Investoren, Banken	Netzbetreiber
Versicherungen	Länder, Bund	Wärmeabnehmer
Kommunen		Kommunen

PROJEKTENTWICKLUNGS- UND INVESTITIONSKOSTEN

Vorplanung

Im Rahmen der Vorplanung gilt es, das Erlaubnisfeld entsprechend dem Bundesberggesetz zu sichern sowie die verfügbaren geologischen und ökonomischen Informationen in Vorstudien (desktop study) zusammenzustellen und auszuwerten.

Standortidentifikation und Prospektion

In einem weiteren Schritt werden die vorhandenen Seismikdaten der Erdölindustrie reprozessiert und ausgewertet sowie Daten bestehender Erdölbohrungen ausgewertet. Je nach geologischem Setting sind verschiedene Voruntersuchungen notwendig (z.B. Spannungsfeldanalyse in einem Grabenbruchsystem) und es wird ein strukturgeologisches Modell erstellt. Die Ergebnisse der Datenanalyse fließen in eine erste Machbarkeitsstudie ein (pre-feasibility study). In dieser Phase wird idealerweise der Business Plan erstellt.

Exploration und erste Bohrung

Die Phase der Exploration kann in die der Surface Exploration und die der Exploration Drilling unterteilt werden. Surface Exploration umfasst die Durchführung der Seismik (3D-Auswertung) und eventuell ergänzende Untersuchungen (z. B. Gravimetrie). Weitere Schritte beinhalten die Erstellung des Betriebsplans sowie gegebenenfalls die Erstellung der Umweltverträglichkeitsprüfung und die Erlangung von Genehmigungen im Wasser-, Bau- und Umweltrecht. Die Grundstückssicherung fällt ebenfalls in diese Phase. Alle neuen und bestehenden Informationen werden in einer umfassenden detaillierten Machbarkeitsstudie zusammengestellt und ausgewertet. Diese enthält auch den Bohransatzpunkt und die Bohrplanung, um den Zielhorizont zu erreichen. Für das Exploration Drilling ist die optimale Vorbereitung der Bohrung inkl. Bohrplan, Bohrschema und Einrichtung des Bohrplatzes samt Schallschutz ausschlaggebend. Darauf aufbauend erfolgt die erste Bohrung samt Bohrlochmessungen, dem Ausbau der Bohrung sowie evtl. dem Ziehen von Bohrkernen. Je nach geologischen und hydraulischen Bedingungen können Stimulationsmaßnahmen erforderlich sein. Nach dem Fördertest, welcher Daten über die Fließrate, Thermalwassertemperatur und -zusammensetzung liefert, kann die Machbarkeitsstudie (feasibility study) vollständig ergänzt werden. Sie enthält auch die Planung des Kraftwerks und dessen Auslegung.

Ein sehr wichtiger Aspekt ist die Risikoabsicherung mit Blick auf die Bohrung und die Fündigkeit. Entweder wird ein Versicherungskonzept ausgearbeitet oder es wird der Portfolio-

Ansatz bzw. eine Risikostreuung über verschiedene Projekte oder eine Mischform gewählt.

Standortentwicklung und zweite Bohrung

Nachdem die erste Bohrung erfolgreich abgeteuft wurde und fündig ist, wird die zweite Bohrung inklusive Betriebsplan vorbereitet und abgeteuft. Optional werden Stimulationsmaßnahmen durchgeführt. Förder- und Verpresspumpen werden installiert und der Thermalwasserkreislauf wird hergestellt. Anschließend werden Förder- und Zirkulationstests durchgeführt. Nachdem die Gewinnung der Erdwärme erfolgreich nachgewiesen werden konnte, kann die bergrechtliche Bewilligung erteilt werden. Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Naturschutzrecht, weitere Genehmigungen und Detailstudien gehören ebenfalls zur Standortentwicklung.

Kraftwerk und Netzanschluss

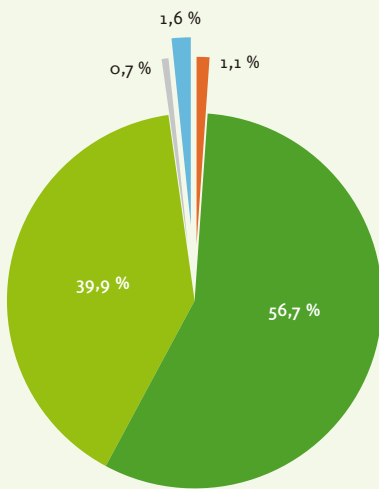
Verschiedene Gutachten und Studien bilden die Grundlage für die Auswahl und den Bau des Kraftwerkes. Hauptinvestitionen in dieser Phase sind das Kraftwerk, die Kühlung und das Kraftwerksgebäude samt Baunebenkosten, Netzanschluss und Schaltanlage. Möglicherweise muss ein weiteres Grundstück erworben werden, um das Kraftwerk darauf zu errichten.

Entscheidend für die Wahl des Kraftwerktyps und die Auslegung des Kraftwerks sind die im Reservoir vorherrschenden Temperaturen und dauerhaft erzielbaren Fließraten. Für Kraftwerke in Deutschland kommen binäre Systeme in Betracht – Organic Rankine Cycle (ORC) oder Kalina-Cycle basierte Niedertemperaturturbinen. Beide Kraftwerkstypen besitzen ihre Vorteile. ORC-Anlagen sind im Markt etabliert, sie sind verlässlich in einem konstanten höheren Temperaturbereich. Kalina-Kraftwerke eröffnen die Möglichkeit, einen je nach verfügbarer Temperatur flexiblen Kraftwerksbetrieb zu fahren und damit Effizienzsteigerungen zu ermöglichen. International sind an Standorten, bei denen Temperaturen von deutlich über 200 °C herrschen, Kraftwerke im Einsatz, bei denen das geothermische Fluid direkt über eine klassische Dampfturbine genutzt werden kann.

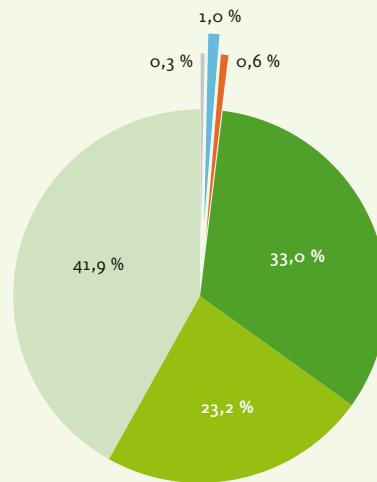
Absatzplanung Wärme

Die Nachfrage nach kostengünstig erzeugter Wärme und Kälte wird in Zukunft weiter steigen. Die Nachfrage kann über einen weiteren Ausbau der Wärmenetze und durch eine umsichtige Projektentwicklung, die zumindest eine teilweise Nutzung des Wärmeangebotes umfasst, bedient werden. Im Sinne einer

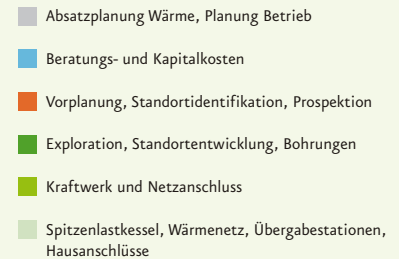
KOSTENSTRUKTUREN MODELLHAFTER GEOTHERMIEPROJEKTE

**KWK mit bestehendem Wärmenetz**

Gesamtinvestition ca. 30 Mio. EUR

**KWK mit neuem Wärmenetz**

Gesamtinvestition ca. 50 Mio. EUR



nachhaltigen Energienutzung der Geothermie sollte neben der Erzeugung und Einspeisung von Strom auch die Abwärme genutzt werden, deren Absatz über ein Absatzkonzept, Marketing und Vertrieb gesichert werden sollte. Für Kommunen, Industrie und Gewerbe wird der Wärmepreis in Zukunft eine immer bedeutendere Rolle spielen, genauso wie die Unabhängigkeit von schwankenden bzw. steigenden Preisen fossiler Brennstoffe. Wärme wird u. a. in folgenden Bereichen benötigt: industrielle Trocknungsprozesse, Prozesswärme, Versorgung öffentlicher Bäder und in kommunalen Heizzentralen. Als Pendant zur Wärme spielt die Bereitstellung von Kälte eine zunehmend wichtige Rolle.

Besteht kein Wärmenetz, in das die Wärme eingespeist werden kann, fallen Kosten für den Ausbau oder den Neuanschluss eines Wärmeverteilnetzes an. Zusätzlich entstehen Kosten für die Wärmeübergabestationen und die Hausanschlüsse. Im Heizkraftwerk selbst oder dezentral werden Spitzenlastkessel installiert. Die für die Verteilung der Wärme notwendige Technik in der Heizzentrale muss vorgehalten werden.

Betrieb und Produktion

Für den Betrieb und die Produktion von Wärme und Strom fallen im Wesentlichen laufende Kosten an, wobei Sonderkosten

für den Probetrieb entstehen können. Ebenfalls können Marketingkosten anfallen, z. B. für die Grundsteinlegung und die feierliche Inbetriebnahme der Anlage.

In Deutschland fehlen bisher Langzeiterfahrungen im Betrieb geothermischer Kraftwerke. Im Ausland stehen diese Erfahrungen zur Verfügung und können genutzt werden, beispielsweise um auch in Deutschland qualifiziertes Personal für die Betriebsführung auszubilden. Die Optimierung der Volllaststundenzahl, das Monitoring des Thermalkreislaufs, vor allem im Zusammenhang mit der Reinjektion sowie die Auswirkungen der Wasserchemie auf die Bestandteile des Kraftwerks – um nur einige zu nennen – sind Leistungen, die im Zusammenhang mit dem Betrieb des Kraftwerks erbracht werden müssen.

Beratungs- und Kapitalkosten

Über die gesamte Entwicklungszeit fallen Beratungskosten an, da unterschiedliche Berater und Experten eingebunden werden müssen. Zusätzlich zu den Gründungs- und Kapitalbeschaffungskosten fallen neben den Zwischenfinanzierungszinsen ebenfalls Rechts- und Steuerberatungskosten sowie Bankgebühren im Zusammenhang mit der Fremdfinanzierung an.

LAUFENDE KOSTEN UND LAUFENDE ERTRÄGE

Neben den Projektentwicklungs- und Investitionskosten spielen die laufenden Kosten sowie die laufenden Erträge aus dem Strom- und Wärmeverkauf eine zentrale Rolle für die Wirtschaftlichkeit des Projektes.

Laufende Kosten

Für den Betrieb eines Geothermiekraftwerkes ist kein hoher Personalbedarf erforderlich. Die Anlagen sind größtenteils fernüberwacht. Dennoch müssen die kaufmännische und technische Betriebsführung sichergestellt sein. Wichtigste Einflussgröße ist die Instandhaltung und Wartung sowohl der Anlagen Übertage als auch der Anlagen Untertage – hierzu zählen v. a. die Pumpen. Bei gleichzeitiger Wärmeauskopplung muss die Instandhaltung und Wartung des Wärmeverteilnetzes gewährleistet werden. Zu den laufenden Kosten gehören ebenfalls die Versicherungen, Reparaturen sowie Rücklagen für die Generalüberholung, die Austauschpumpe und den Rückbau der Anlage.

Bei der Stromproduktion ist zu beachten, dass ca. 30 % der produzierten Strommenge als Eigenbedarf zum Betrieb v. a. der Pumpen benötigt werden. Zu den laufenden Kosten zählt neben den üblichen Kosten für den Betrieb eines Kraftwerkes im Wesentlichen auch die Luft- oder Wasserkühlung. Hinzu kommen gegebenenfalls Pachten, die Feldesabgabe sowie laufende Rechts- und Steuerberatungskosten.

Wird ein Wärmeverteilnetz ausgebaut, bedarf es eines Vertriebskonzeptes, um den Wärmeabsatz kontinuierlich auszubauen und die entsprechenden Erträge zu sichern.

Laufende Erträge

Erträge können in Deutschland nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) aus den Einspeisevergütungen für Strom aus Erneuerbaren Energien generiert werden. Festgelegte Vergütungssätze garantieren eine feste Einspeisevergütung über einen Zeitraum von 20 Jahren plus dem Inbetriebnahmejahr. Die neuen Vergütungssätze treten mit der Novelle des Gesetzes zum 1.1.2009 in Kraft. Die Grundvergütung beträgt künftig 16 ct/kWh bei einer elektrischen Leistung des Kraftwerks bis einschließlich 10 MW_{el}, darüber 10,5 ct/kWh. Anlagen, die bis 31.12.2015 an das Netz gehen, erhalten einen Bonus von 4 ct/kWh. Der Wärmenutzungsbonus beträgt 3 ct/kWh. Der Petrothermiebonus beträgt 4 ct/kWh. Es gilt eine jährliche Degression von 1 %. Die Novelle des EEG sieht ebenfalls eine Direktvermarktung vor, sodass ein flexibel wählbarer definierter Prozentsatz frei gehandelt sowie die verbleibende Strommenge über EEG vergütet werden kann.

Bei der Berechnung der Erträge, die sich aus der Einspeisevergütung nach EEG ergeben, ist es wichtig, die Ertragsprognose möglichst realistisch einzuschätzen, Abschläge mit einzukalkulieren und die Prognose auf einer realistischen Volllaststundenzahl zu basieren.

Beim Verkauf der Wärme ist es wichtig, ein Wärmepreiskonzept zu erstellen, das den Basisabsatz sichert und den Ausbau des Wärmeabsatzes ermöglicht. Langfristige Wärmelieferverträge und attraktive Preissteigerungsmodelle fördern die Kundenbindung, sodass die Erträge aus dem Verkauf der Wärme langfristig gewährleistet werden können.

Je nach Wasserqualität ist es auch möglich, das Thermalwasser balneologisch für Thermalbäder zu nutzen oder als Brauch- und in seltenen Fällen als Trinkwasser zur Verfügung zu stellen.



Geothermiekraftwerk in Landau
© www.geox-gmbh.de

PROJEKT ÜBERGREIFENDE EINFLUSSFAKTOREN

Die Wirtschaftlichkeit eines Geothermieprojektes hängt jedoch auch mit weiteren Einflussfaktoren zusammen, die nicht einzelnen Wertschöpfungsstufen zugeordnet werden können, sondern Projekt übergreifend zu betrachten und zu bewerten sind.

Beteiligte Akteure

Bei der Planung und Realisierung eines Geothermieprojektes spielt das Team der Beteiligten eine zentrale Rolle. Wichtig sind der Know-how-Aufbau, der Know-how-Transfer und die transparente Kommunikation zwischen den Beteiligten. Wichtig ist auch, dass die beteiligten Experten jeweils kompetent sind, um Daten nach dem neuesten Stand der Technik auszuwerten und Projektentscheidungen fundiert zu treffen.

Projektentwickler

Projektentwickler spielen eine Schlüsselrolle für die Wirtschaftlichkeit eines Geothermieprojektes. Einerseits müssen sie die Kosten der frühen Entwicklungsphasen finanzieren, andererseits muss eine professionelle, umfassende Projektentwicklungskompetenz vorhanden sein, um den komplexen Anforderungen an Strukturierung, Entwicklung, Risikominimierung und Finanzierung des geplanten Geothermieprojektes gerecht zu werden.

Neben der Sicherung der Standorte spielt die Planung und Durchführung der Voruntersuchungen und die Verfügbarkeit ausreichend sachgerecht interpretierter Daten eine wichtige Rolle, um das Fündigkeits- und Bohrrisiko einzugrenzen. Die Projektentwicklung muss so weit vorangetrieben werden, dass das Risiko des Scheiterns der ersten Bohrung minimiert werden kann. Durch den Fokus auf die Risikominimierung kann bereits in einer sehr frühen Phase der Projektentwicklung die Gesamtwirtschaftlichkeit des Projekts positiv beeinflusst werden. Die Projektentwicklung muss in dieser Phase auch nachweisen, dass die geplante Bohrung finanzierbar und wirtschaftlich sinnvoll ist. Ein so vorbereitetes Projekt stellt dann bereits einen eigenständigen Wert dar, der sich jedoch erst im Gesamtkontext mit der Bohrung, dem Bau und der Realisierung eines Kraftwerkes voll ausschöpfen lässt. Der Anteil an der gesamten Wertschöpfung ist noch nicht durch einen funktionierenden Markt ermittelt. Bei den in Deutschland im Bereich der Tiefen Geothermie tätigen Projektentwicklungsunternehmen haben sich naturgemäß noch kein einheitlicher Professionalisierungsgrad und Qualitätsstandard herausgebildet. Bei den meisten in

Planung und Entwicklung befindlichen Projekten ist die Finanzierungshürde, vor allem im Hinblick auf die Risikophase, noch nicht genommen.

Für die meisten Projektentwicklungsunternehmen gilt, dass sie noch nicht über die notwendige finanzielle Ausstattung und Kompetenzbündelung von der Geologie über die Bohrtechnik bis hin zur Kraftwerkstechnik verfügen. Die Voraussetzungen, solche komplexen Projekte zu organisieren, zu steuern und zu finanzieren, sind im Markt aufzubauen.

Projektmanagement

Um ein stringentes Projektmanagement zu garantieren, ist es erforderlich, dass ein Bewusstsein über alle notwendigen und möglichen Projektschritte vorhanden ist. Hierzu müssen sowohl die Umsetzung des Projektes geplant als auch verschiedene Szenarien entwickelt werden, um gegebenenfalls bei Projektänderungen Alternativen umsetzen zu können.

Die Projektplanung sollte Milestones beinhalten, deren Erreichen Voraussetzung zur Weiterführung des Projekts darstellen. Dies bedeutet, dass bei Nichterreichen das Projekt nicht ohne weitere Korrekturschritte umgesetzt werden kann. Ebenfalls ist es notwendig, im Rahmen der Projektplanung genügend Reserven und Ressourcen bereitzustellen, um eine erfolgreiche Projektrealisierung zu ermöglichen. Ein Erfahrungsaustausch mit anderen Projektentwicklern trägt dazu bei, ein Gefühl für Eventualitäten und Unregelmäßigkeiten zu bekommen, die bei jedem Projekt auftreten können.

Risikomanagement

Eine solide Projektplanung ist ein wichtiges Element des Risikomanagements, das frühzeitig implementiert und konsequent umgesetzt werden sollte. Hierbei geht es darum, alle Risiken zu erfassen, sie zu bewerten und Maßnahmen zu definieren, um die Risiken zu minimieren. Risiken sind nicht nur in der Geologie bzw. in der Fündigkeit zu sehen, sondern beziehen sich auch auf alle Entwicklungsschritte. Sie reichen von einer zeitlichen Verzögerung der Inbetriebnahme, über Risiken im Vorfeld der Bohrung und bei der Bohrung, bis hin zu Risiken, die im Rahmen des Kraftwerkbetriebs auftreten können. Für einige dieser Risiken gibt es Versicherungslösungen.

In der Geothermie bestehen jedoch auch Risiken, die nicht standardmäßig versicherbar sind. Jede geothermische Tiefbohrung birgt, auch nach Durchführung sorgfältiger geologischer



Geothermiekraftwerk in Soultz: Injektionspumpe
Quelle: www.soultz.net

Voruntersuchungen, das Risiko, dass die für eine erfolgreiche Realisierung des Projektes benötigten Fließraten nicht erreicht werden. Dies gilt in besonderem Maße für die erste Bohrung. Bezogen auf ein isoliertes Einzelvorhaben sehen sich die Initiatoren mit einem sich auf mehrere Millionen Euro belaufenden Totalausfallrisiko konfrontiert. Hier gilt es, Lösungen zu entwickeln, damit das Projekt und dessen Finanzierung gesichert sind. Im Hinblick auf die Risikoabsicherung der Fündigkeit kann mittlerweile auf ein privatwirtschaftliches Versicherungskonzept zurückgegriffen werden. In vielen Fällen wird es jedoch eine Mischung aus öffentlicher Risikoabsicherung und unternehmerischer Risikoabsicherung, beispielsweise über einen Portfolio-Ansatz, geben. Über die Bündelung einer Vielzahl von Projektvorhaben in einem Finanzierungspool reduziert sich das Totalausfallrisiko. Ausfälle für gescheiterte Bohrungen können dann über eine entsprechende Risikoprämie auf die erfolgreich verlaufenen Bohrungen umgelegt werden.

Finanzierung

Je nach Strukturierung und Finanzierung des Geothermieprojektes entstehen unterschiedliche Einflüsse auf seine Wirtschaftlichkeit. Diese Einflüsse sind unterschiedlich zu bewerten, je nach dem wie die Finanzierung gestaltet wird und wer als Finanzierer in welchen Phasen des Projektes beteiligt ist. Die Strukturierung sollte frühzeitig erfolgen, sodass gemein-

sam mit den finanzierenden Partnern die für das jeweilige Projekt am besten geeignete Finanzierungslösung realisiert werden kann.

Preissteigerungen

In den vergangenen Jahren sind die Kosten für Rohstoffe, besonders für Stahl, stark gestiegen. Dies ist ein Trend, der aufgrund des starken globalen Bedarfs anhalten wird. Somit werden die Kosten für die Bohrungen sowie für die Kraftwerke künftig weiter steigen.

Bohrgeräte und qualifizierte Bohrmannschaften sind im Markt nur sehr begrenzt verfügbar. Die Geothermie teilt sich den Markt der Bohrunternehmen mit der Öl- und Gasindustrie, die wesentlich höhere Auftragsvolumina erteilt. Somit bleibt es für Geothermieprojekte eine Herausforderung, zum gewünschten Zeitpunkt Bohrfirmen für einzelne Geothermiebohrungen zu beauftragen.

Konkurrenz

Bei hydrogeothermalen Projekten muss man die langfristige Ergiebigkeit des Thermalwassers gewährleisten, d.h. dass Nachbarprojekte in ausreichendem Abstand angesiedelt sein sollten, um sich nicht im wörtlichen Sinne das Wasser unterirdisch abzugraben („unterirdische Konkurrenz“).

FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Unter bestimmten Voraussetzungen ist es möglich, Investitionszuschüsse zu erhalten. Im Rahmen des Marktanreizprogrammes der Bundesrepublik Deutschland können bei reinen Wärmeprojekten sowie bei Kraft-Wärme-Kopplungs-Projekten Zuschüsse beantragt werden, die die Investitionskosten mindern. Demonstrationsprojekte mit Pilotcharakter können Forschungszuschüsse beim Bund beantragen. Verschiedene Bundesländer gewähren Landeszuschüsse oder fördern Projekte über Landesbürgschaften.