



LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Wirtschaft,
Arbeit und Energie



ENERGIE

TIEFENGEOTHERMIE – WÄRME FÜR BRANDENBURG



Vorwort

Liebe Bürgerinnen und Bürger des Landes Brandenburg, sehr geehrte Damen und Herren,

Energiewende bedeutet auch Wärmewende. Eine nachhaltige, zukunftsfähige, sichere und bezahlbare Wärmeversorgung ist eine Zielstellung, die sich das Land Brandenburg gesetzt hat.

Zur Erfüllung dieses Zieles bedarf es vielfältiger Entscheidungen. Zum einen kann durch Einsparungen der Wärmeverbrauch reduziert werden, wie beispielsweise durch die Nutzung von effizienten Wärmedämmungen in Gebäuden oder durch Austausch von alten Heizungssystemen und -anlagen. Zum anderem sind die Erzeugungstechnologien innovativ und nachhaltiger auszurichten. Der Fokus liegt hier auf der Weiterentwicklung und dem Einsatz von Erneuerbaren Energien. Bei der Erzeugung von grüner Wärme aus Erneuerbaren Energien kann die Nutzung der Geothermie (Erdwärme) einen bedeutenden Beitrag leisten.

Mit der Energiestrategie 2040 hat sich die brandenburgische Landesregierung das Ziel gesetzt, den Transformationsprozess zu einer nachhaltigen Wärmeversorgung zu beschleunigen. 82 % der Wärmeerzeugung soll bis 2040 mit Erneuerbaren Energien erfolgen. Die Erzeugung von grüner Wärme hat unterschiedliche technische Anforderungen, Einsatzmöglichkeiten und Verfügbarkeiten.

Die standortkonkreten Vorteile der Geothermie im Land Brandenburg gilt es zu ermitteln und zu bewerten, um die für Sie beste Variante zur Nutzung der geothermischen Wärme vorzubereiten und zu realisieren.



Foto: Kristin Baumert

Das Land Brandenburg verfügt über ein gut ausgebautes Fernwärmenetz. Die Einbindung der Geothermie in diese Wärmenetze ist folglich eine sinnvolle Maßnahme und ermöglicht eine direkte Substitution von fossilen Energieträgern.

Die vorliegende Broschüre gibt Ihnen Informationen zu den geologischen Gegebenheiten in Brandenburg, den technischen Varianten zur Gewinnung geothermischer Wärme, den Standortvoraussetzungen, den gesetzlichen Rahmenbedingungen, ausgewählten Wirtschaftlichkeitsfragen und den Fördermöglichkeiten, um den Weg zur Nutzung der Geothermie zu beschreiten.

Ich hoffe, dass diese Broschüre das Interesse weckt, über eine geothermische Nutzung nachzudenken, eigene Vorhaben anzustoßen und somit eine langfristige, grüne Wärmeversorgung zu realisieren.

A handwritten signature in blue ink that reads "J. Steinbach". The signature is written in a cursive, flowing style.

Prof. Dr.-Ing. Jörg Steinbach
Minister für Wirtschaft, Arbeit und Energie

Tiefengeothermie – Wärme für Brandenburg

Vorteile für Bürgerinnen und Bürger sowie Gewerbe und Industrie:

- Substitution und damit Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern
- Sichere, dezentrale und weitestgehend kostenstabile Wärmeversorgung aus der Region mit heimischen Ressourcen
- Umweltverträgliche Technologie
- Platzersparnis und Minderung von Umweltrisiken durch kleine Wärmeübergabestationen statt Heizkessel und Öltanks auf dem eigenen Grundstück

Vorteile für Kommunen:

- Planungssicherheit
- Dezentrale Wärmeinfrastruktur und Wärmeversorgung ausgerichtet auf die Bedürfnisse vor Ort
- Geringer Flächenverbrauch
- Möglichkeit zur Integration in bestehende Wärmenetze
- Beitrag zur Erreichung der kommunalen und regionalen Klimaschutzziele durch die Nutzung von Energie und Wärme ohne bzw. mit reduzierter CO₂-Emission
- Stärkung der heimischen Ressourcennutzung und Wirtschaft sowie Entwicklung regionaler Wertschöpfung
- Investitionssicherheit
- Grundlastfähigkeit

Zusammenfassung

Der Endenergieverbrauch im Land Brandenburg belief sich im Jahr 2020 auf 282 Petajoule [PJ] [1]. Der größte Anteil des Endenergieverbrauchs entfällt mit rund 58 Prozent auf die Wärmebereitstellung der privaten Haushalte, des Gewerbes und der Industrie. Im Jahr 2020 wurden bereits 45,4 Prozent der deutschen Bruttostromerzeugung durch Erneuerbare Energien generiert [2]. In Brandenburg deckten die Erneuerbaren Energien bilanziell im Jahr 2019 sogar 94,8 Prozent des Jahresstromverbrauchs ab [3].

Die Wärme zukünftig klimaneutral zu erzeugen und über die bestehenden Netzinfrastrukturen bereitzustellen, ist eine zentrale Aufgabe der heutigen Zeit.

Ziel ist es, eine schnelle und umfassende Transformation zu einem klimaneutralen, zuverlässigen, umweltverträglichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlich akzeptierten Wärmeversorgungssystem zu erreichen. Für die Wärmewende kann die Bereitstellung von Wärme aus der Geothermie ein wichtiger Schlüssel sein, zumal sie ein grundlastfähiger erneuerbarer Energieträger ist.

Die Geothermie wird unterteilt in:

- **Oberflächennahe Geothermie** und
- **Tiefengeothermie.**

Das Potenzial zum Ausbau der Tiefengeothermie wird im Land Brandenburg bis 2040 auf rund 1,11 TWh geschätzt.

Die Tiefengeothermie besitzt den Vorteil, dass sie ganzjährig nutzbar ist und deshalb für Kommunen und ihre Bürgerinnen und Bürger sowie für Gewerbe- und Industriestandorte von besonderem Interesse sein sollte.

Folglich ist anzustreben, in den kommenden Jahren möglichst viele Tiefengeothermiestandorte zu erschließen und diese Technologie für die lokale und regionale Wärmebereitstellung zu nutzen.

Der Betrieb von Geothermieranlagen ist immer dann darstellbar, wenn die immer noch hohen Investitionskosten durch eine ausreichende Wirtschaftlichkeit kompensiert werden können. Weiter besteht auch die Möglichkeit, die Wärme (ab ~100 °C) zur Stromproduktion zu nutzen. Nach der Stromerzeugung kann die Wärmenutzung nachgeschaltet erfolgen.

Neben der Wärmeversorgung von Haushalten und öffentlichen Einrichtungen besteht zusätzlich die Möglichkeit zur Nutzung der Wärme für gewerbliche, industrielle-, landwirtschaftliche- und Erholungszwecke. So lassen sich beispielsweise auch Gewächshäuser und Schwimmbäder klimaneutral beheizen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Inhaltsverzeichnis	5
1. Warum Tiefengeothermie	6
1.1 Saubere Wärme für Brandenburg	6
1.2 Potenzial in Brandenburg.....	8
1.3 Geologische Voraussetzungen	10
1.4 Geothermie Systeme	12
2. Rechtliche Rahmenbedingungen	15
2.1 Bergrecht	15
2.2 Anzeige- und Dokumentationspflichten in Brandenburg.....	15
3. Anforderung an Tiefengeothermieprojekte	17
3.1 Checkliste zur erfolgreichen Genehmigung	17
3.2 Planung.....	18
3.3 Bauausführung.....	19
3.4 Betrieb.....	20
3.5 Rückbau	20
3.6 Umweltauswirkungen	20
4. Genehmigungsweg	21
4.1 Antragsunterlagen.....	21
4.2 Fördermöglichkeiten	22
4.3 Netzanschluss.....	22
5. Erfolgreiche Anwendungsbeispiele im Norddeutschen Becken	23
5.1 Stadt Potsdam (Brandenburg)	23
5.2 Stadt Neuruppin (Brandenburg).....	24
5.3 Stadt Prenzlau (Brandenburg)	25
5.4 Stadt Schwerin (Mecklenburg-Vorpommern).....	26
6. Fragen und Antworten	27
7. Links und weiterführende Informationen	29
8. Referenzen	30
8.1 Abbildungsverzeichnis	30
8.2 Fotonachweise.....	30
8.3 Quellennachweise.....	31
9. Abkürzungsverzeichnis	32

1. Warum Tiefengeothermie

1.1 Saubere Wärme für Brandenburg

Vor dem Hintergrund der nationalen und europäischen Beschlüsse zur Klimaneutralität sowie bei der Umsetzung der Wärmewende steht auch Brandenburg mehr denn je vor der Herausforderung, die Wärmeversorgung klimaneutral zu gestalten.

Der größte Anteil des Endenergieverbrauchs in Brandenburg entfällt mit rund 58 Prozent auf den Wärmesektor. Dabei entfällt etwa die Hälfte auf die Beheizung von Gebäuden. Für die Erreichung der Klimaziele spielt der Wärmesektor mit einem Anteil von rund 40 Prozent an den energiebedingten CO₂-Emissionen demnach eine wesentliche Rolle [4].

Die Gestaltung einer nachhaltigen Wärmeversorgung, insbesondere die Erstellung von Wärmeplänen, ist für ein Flächenland wie Brandenburg mit seinen 409 Gemeinden und 4 kreisfreien Städten mit besonderen Herausforderungen verbunden.

Wärmeplanung

Dient der Erschließung bestehender Potenziale und der Koordination von Investitionsentscheidungen mit Blick auf die treibhausgasneutrale Wärmeversorgung.

Neben dem Ziel der energetischen Sanierung des Gebäudebestandes und der Gebäudetechnik muss auch eine nachhaltige Ausgestaltung der Wärmeherzeugung und -verteilung erfolgen. Dabei geht es neben energieeffizienterer Heiztechnik und Gebäudedämmung auch um die stärkere Einbeziehung klimaverträglicher Energiequel-

len. Eine klimaneutrale Wärmeversorgung mit erneuerbarer Wärme erfordert sowohl die Umgestaltung der bestehenden Wärmeversorgung als auch den weiteren Ausbau von Wärmenetzen.

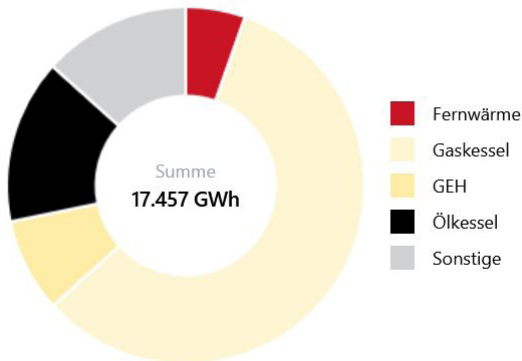
Dekarbonisierung

Verminderung kohlenstoffbedingter Emissionen durch die Umstellung der Wirtschaftsweise im Sinne der Reduzierung von Treibhauseffekten, um damit die globale Erwärmung zu verringern.

Im Vergleich zu anderen Bundesländern hat Brandenburg als Flächenland und dem Potenzial für erneuerbare Energieerzeugung günstige Ausgangsbedingungen für die künftige Dekarbonisierung des Wärmesektors. Für den bevorstehenden Transformationsprozess wird es auch im Wärmesektor keine einheitliche Lösung geben. Vielmehr sind individuelle Konzepte und Technologien für unterschiedliche Anwendungsbereiche notwendig, die die regionalen Voraussetzungen einbeziehen. Denn die lokale Wärmeversorgung spielt eine zentrale Rolle in der Energiewende und ist ein wesentlicher Pfeiler auf dem Pfad zur kommunalen Treibhausgasneutralität.

Das Thema Fernwärme in Verbindung mit der Tiefengeothermie kann eine besondere Rolle bei der Wärmewende übernehmen. In Brandenburg werden (Stand 2023) 119 Fernwärmenetze mit rund 1.676 Kilometern Länge betrieben. Neben weiteren Technologien für die Wärmewende wie Solarthermie mit Wärmespeichern, Wärmepumpen zur Nutzung von Umweltwärme oder aus der Abwärme industrieller und gewerblicher Prozesse, wird die Tiefengeothermie als eine besondere

Energieverbrauch [GWh] nach Heizsystemen



Energieverbrauch [GWh] nach Energieträgern

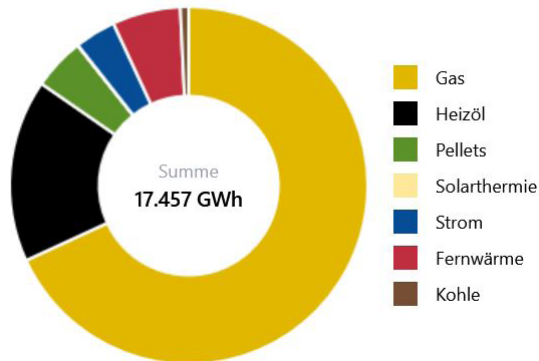


Abbildung 1: Energieverbrauch nach Heizungssystem und Energieträgern in Brandenburg 2022
(Quelle: Wärmekataster, Energieagentur Brandenburg)

Schlüsseltechnologie gesehen. Mit der Tiefengeothermie kann klimafreundliche Wärme für Nah- und Fernwärmenetze bereitgestellt werden. Sie ist neben der Bioenergie die Erneuerbare Energie, die auch Quartiere und Kommunen ganzjährig und wetterunabhängig mit klimaneutraler Wärme versorgen kann.

Die Abbildung 1 (Energieverbrauch nach Energieträgern) verdeutlicht, wie dringlich die Bereiche für die Wärmeerzeugung in Brandenburg verändert werden müssen, damit die gesetzten Klimaschutzziele erreicht werden. Über die Hälfte der Energiebereitstellung erfolgt durch die Nutzung von Erdgas. Bisher wird nur ein kleiner Betrag in den Sektoren Raumwärme und Prozesswärme durch erneuerbare Wärme abgedeckt.

Speziell im Bereich von Wärmenetzen ist Geothermie eine der wenigen Optionen, um den regenerativen Anteil in der Fernwärme signifikant zu erhöhen. Geothermie kann die vorhandene Wärmeinfrastruktur nutzen, ist platzsparend und reduziert den Kohlendioxidausstoß erheblich.

Im Jahr 2022 sind in Deutschland ca. 5,7 PJ Wärme aus der Tiefengeothermie bereitgestellt worden. Der spezifische Treibhausgasverminderungsfaktor von Tiefengeothermie liegt bei ca. 272 g CO₂-Äquivalenz pro kWh_{th}. Damit wurden im Betrachtungszeitraum ca. 430.000 Tonnen CO₂-Emissionen in Deutschland durch die Tiefengeothermie vermieden [5]. Ein weiterer Vorteil der Tiefengeothermie ist die Kombinationsmöglichkeit aus Erzeugung und Speicherung von Wärme. Saisonal anfallende Abwärme oder Überschusswärme anderer Energieerzeuger kann an geeigneten Standorten in den Untergrund eingespeichert und zu Bedarfszeiten wieder genutzt werden.

Das Potenzial der Geothermie für eine klimaneutrale Wärmeversorgung ist allerdings um ein Vielfaches höher als deren derzeitige Nutzung. Deshalb muss die Nutzung der Tiefengeothermie mit dem Ausbau und der Dekarbonisierung der Wärmenetze systematisch zusammen gedacht werden. Beides ist im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung bei der Entwicklung einer klimaneutralen Wärmeversorgung wichtig.

1.2 Potenzial in Brandenburg

Die Erschließung tiefegeothermischer Potenziale erfordert eine umfassende Kenntnis über die geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten des Untergrundes. Folglich ist die komplexe Erkundung der in Frage kommenden Gebiete unabdingbar. Durch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe des Landes Brandenburg (LBGR) wurden für verschiedene Tiefenbereiche geologische Karten angefertigt, welche den Untergrund beschreiben. Diese sind zum Teil auf der Internetseite des LBGR oder im Atlas zur Geologie von Brandenburg abrufbar. Daraus lassen sich ggf. erste

Hydrothermale Geothermie

Nutzung der natürlich vorkommenden Thermalwässer im Erdreich.

Petrothermale Geothermie

Nutzung der heißen Gesteine zur Energiegewinnung (trockene Geothermie).

Rückschlüsse für die geothermische Nutzung ziehen.

Bei der Beurteilung von Potenzialen wird in theoretisches, technisches und wirtschaftliches Potenzial unterschieden. Das theoretische Potenzial ist dabei die ge-

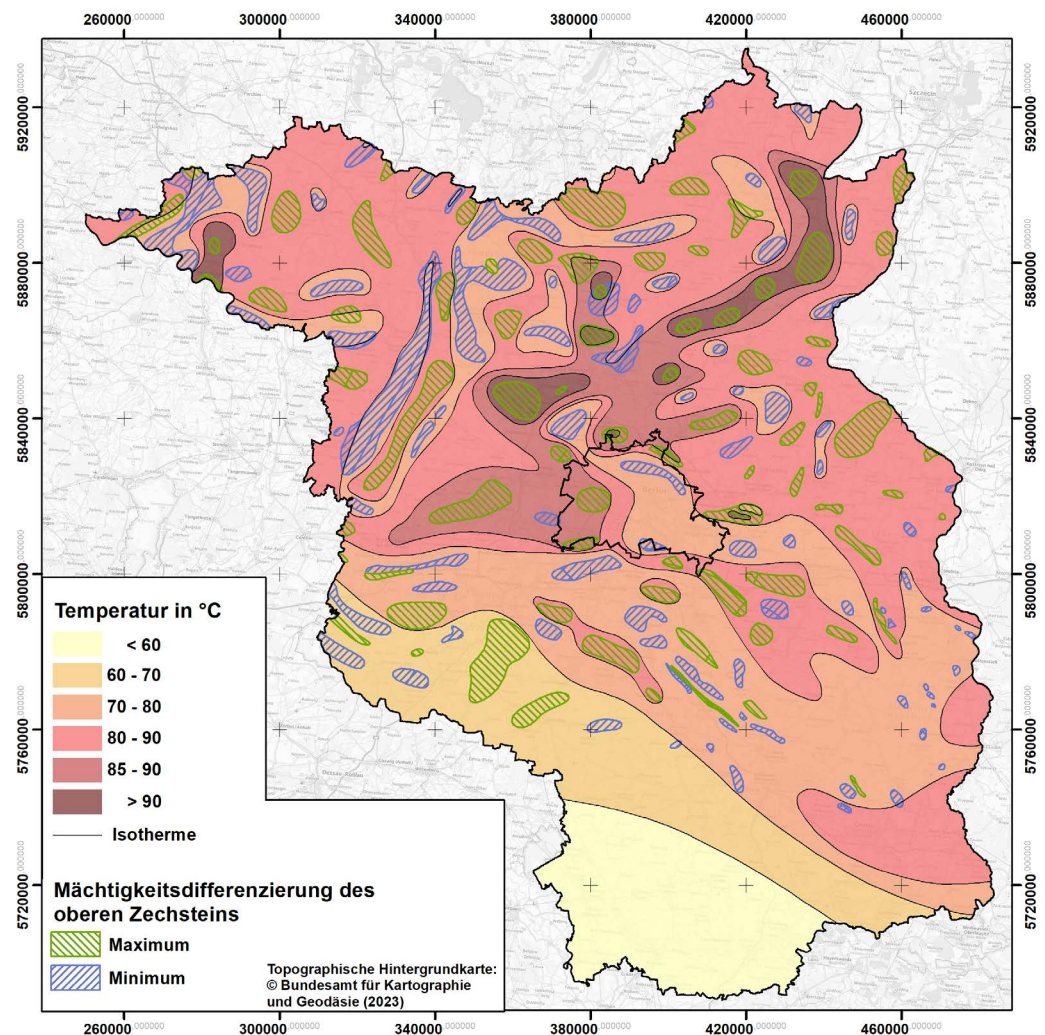


Abbildung 2: Temperaturen des Untergrundes von Berlin und Brandenburg in 2000 m Tiefe (Quelle: LBGR)

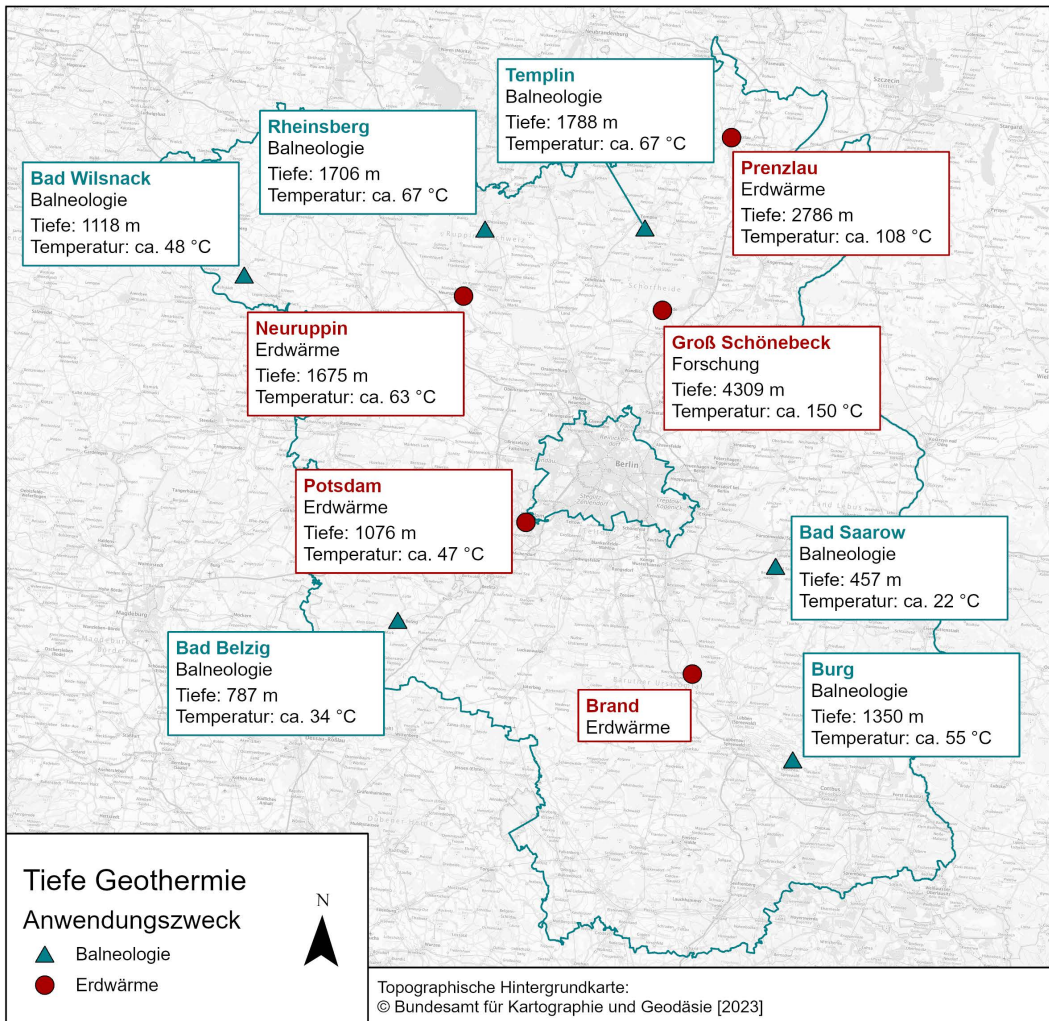


Abbildung 3: Darstellung der Tiefengeothermie Standorte mit Anwendungszweck in Brandenburg (Quelle: LBGR)

samte Wärmemenge einer hydrothermalen oder einer petrothermalen Lagerstätte. Das technische Potenzial beschreibt die Wärmemenge, die sich nach dem heutigen Stand der Technik nutzen lässt.

Für die geothermische Nutzung sind neben den Kenntnissen über den Untergrund und dessen Potenzial auch ökonomische Aspekte wichtig. Diese werden bei der Betrachtung des wirtschaftlichen Potenzials mitberücksichtigt. Eine solche Potenzialanalyse ist folglich der erste Baustein eines Tiefengeothermieprojektes.

In Brandenburg bietet das Norddeutsche Becken aufgrund seiner unterschiedlichen Sedimentgesteine eine Vielzahl von Möglichkeiten einer geoenergetischen Nutzung des Untergrundes. Neben der Gewinnung von Wärme und Strom sind auch die Speicherpotenziale von Bedeutung. In Brandenburg sind (mit Stand 2023) bisher aber nur wenige Anlagen zur wirtschaftlichen Nutzung der Tiefengeothermie in Betrieb. Beispielhaft sei die Anlage in Neuruppin mit einer Tiefe von 1.675 m und einer Maximaltemperatur von 63,4 °C erwähnt.

In Groß Schönebeck befinden sich zwei Forschungsbohrungen, die wasserführende Schichten in Tiefen zwischen 3,9 und 4,4 Kilometern bei Temperaturen um 150 °C erschließen. In Groß Schönebeck wurden alle Stufen der geothermischen Energiebereitstellung untersucht. Die wissenschaftlichen Fragestellungen umfassen die sichere Erkundung potentieller Reservoirs und deren bohrtechnische Erschließung sowie Technologien zur nachhaltigen Nutzung der Wärme. Anhand von Bohrlochmessungen und 3D-Modellierungen wurde ein Abbild des geologischen Untergrunds am dortigen Standort erstellt.

Balneologie

Bäderheilkunde, die Lehre von der therapeutischen Anwendung natürlicher Heilquellen in Form von Bädern, Trinkkuren und Inhalationen.

In Potsdam befinden sich (mit Stand 2023) zwei Tiefengeothermiebohrungen für die Versorgung eines Neubauquartiers mit Erdwärme aus 1.076 m Tiefe.

Weitere Anlagen, z.B. in Neuruppin, Prenzlau, Velten und Brand, befinden sich in der Planung.

Hinzu kommen sechs balneologisch genutzte Thermalwasserquellen in Burg, Bad Belzig, Neuruppin, Bad Wilsnack, Bad Saarow und Templin.

1.3 Geologische Voraussetzungen

Die Entstehung der aus dem Inneren unseres Planeten stammenden Wärme hat verschiedene Ursachen. Neben der Rest-

energie, die seit der Entstehung der Erde in ihr gespeichert ist, entsteht der Großteil der Erdwärme durch den Zerfall natürlicher radioaktiver Isotope. Die Freigabe der gespeicherten Energie erfolgt vergleichsweise langsam, weshalb man bei der Geothermie von einer für den Menschen unerschöpflichen Energiequelle sprechen kann.

Die Nutzbarkeit von tiefengeothermischen Lagerstätten wird in Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen, auf mindestens 30 Jahre geschätzt. Die zeitliche Nutzbarkeit hängt sehr stark von den Standortbedingungen und der Auslegung der Geothermieanlage ab.

Mit steigender Tiefe zum Erdinneren steigt die Temperatur an. Für Mitteleuropa geht man von einer Temperaturerhöhung von

Potenzial der Geothermie in Deutschland

Temperaturen in 3000 Metern Tiefe auf Basis von Bohrdaten



Abbildung 4: Temperaturen in 3000 m Tiefe in Deutschland (Quelle: LIAG)

ca. 3 °C pro 100 m Tiefe aus. Dieser Temperaturgradient unterscheidet sich lokal zum Teil erheblich, wie man anhand der Abbildung 4 erkennen kann. Während z.B. in Island heiße Quellen in Form von Geysiren an die Oberfläche dringen, ist es in Deutschland mit einem erheblichen Aufwand verbunden, diese Energiequelle wirtschaftlich zu erschließen. Ab einer Tiefe von 1000 m unter der Erdoberfläche spricht man im Allgemeinen von Tiefengeothermie, wobei dieser Wert aber nicht normiert ist.

Die Tiefengeothermie umfasst Systeme, bei denen die geothermische Energie über Tiefbohrungen erschlossen wird. Es werden hydrothermale und petrothermale Systeme unterschieden. Bei der hydrothermalen Geothermie wird das im Untergrund vorhandene Wasser genutzt. Hierfür dienen vor allem sogenannte Aquifere (Grundwasserleiter).

Bei der petrothermalen Geothermie wird die im Gestein gespeicherte Wärme genutzt. Erfolgt die Energiegewinnung aus dem Gestein selbst, ohne abhängig von wasserführenden Schichten zu sein, spricht man von Hot-Dry-Rock (HDR). In der Regel benutzen die HDR-Systeme das heiße Gestein als Wärmeaustauscher. Oftmals werden diese Systeme für die Stromgewinnung genutzt.

Soll die Energienutzung mit einem geschlossenen Wärmekreislauf erfolgen, kommen „Tiefe Erdwärmesonden“ zum Einsatz.

In Deutschland ist der Großteil der geothermischen Energieressourcen im kristallinen Tiefengestein sowie in Störungszonen gespeichert. Mit den derzeit verfügbaren technischen Methoden ist die Wirtschaftlichkeit der Gewinnung allerdings noch nicht gegeben, weshalb man

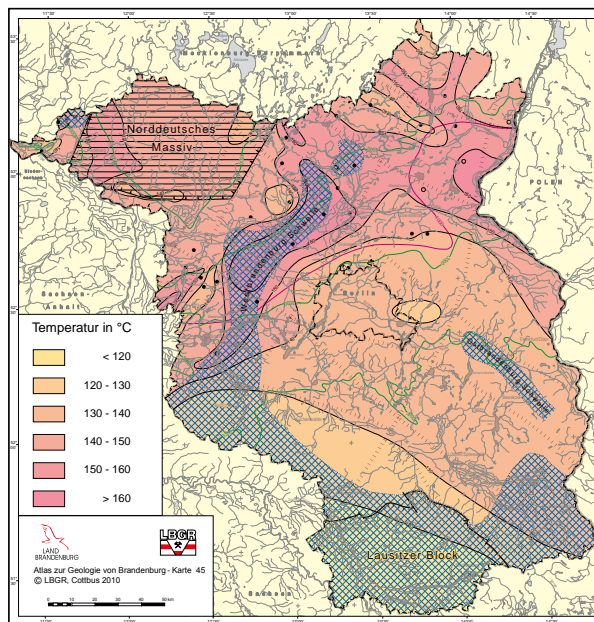


Abbildung 5: Temperaturen des Untergrundes von Berlin und Brandenburg in 4000 m Tiefe (Quelle: LBGR)

sich auf Sedimentschichten konzentriert, in denen sich Aquifere mit möglichst hohen Fließraten finden lassen.

In Deutschland können vier großräumige Gebiete klassifiziert werden, die gute bis sehr gute Bedingungen für die Gewinnung von Erdwärme liefern.

1. Norddeutsches Becken

Ein Gebiet mit guten Bedingungen für die geothermische Energieerzeugung ist das Norddeutsche Becken, welches sich vom südlichen Niedersachsen bis an die Ost- und Nordsee erstreckt und damit auch das Gebiet von Brandenburg einschließt. Die Beckenbasis besteht aus Vulkaniten, die mit bis zu 5.000 m mächtigen Sedimentschichten, insbesondere Sandsteine und Konglomerate, überlagert sind. Auch wenn die hier zirkulierenden Wässer einen deutlich höheren Mineralgehalt aufweisen, was eine Aufbereitung vor der Nutzung nötig macht,

finden sich in den Sandsteinformationen weitreichende Flächen, die für die künftige Nutzung von Erdwärme von Interesse sein dürften. Die nutzbare Aquiferfläche wird auf 135.000 km² geschätzt. Es wird davon ausgegangen, dass das technisch erschließbare Potenzial 911 TWh/a (3,2 PJ/a) bei Temperaturen von 55 – 165 °C beträgt.

2. Oberrheingraben

Als geologisch gesehen junge und tektonisch aktive Störungszone weist der Oberrheingraben einen hohen geothermischen Temperaturgradienten von ca. 60 °C pro einem Kilometer Tiefe auf. Das Grabenbruchsystem erstreckt sich entlang des schweizerischen Jura im Süden bis in den Taunus im Norden. Hier finden sich schon in leicht erreichbaren Bohrtiefen heiße Untergrundwässer in Bundsandstein- und Muschelkalkformationen.

3. Molassebecken

Ähnlich gute Voraussetzungen finden sich im Malmkarst des Süddeutschen Molassebeckens, eine Alpenvorlandregion, die die Verwitterungsmassen der aufsteigenden Alpen aufgenommen hat und sich von der Schweiz über Baden-Württemberg und Bayern erstreckt. Als Basis liegen hier Granite und Gneise vor, welche von bis zu 10 km mächtigen Sedimentschichten überlagert sind. Der geringe Mineralgehalt der Thermalwässer in jurassischen Karbonaten hat den Vorteil, dass die Anlagenteile einer Tiefengeothermiebohrung einer verringerten Korrosionsgefahr ausgesetzt sind.

4. Rhein-Ruhr-Region

Die Rhein-Ruhr-Region von Westfalen über das Rheinland bis in das Sauerland ist ein

weiteres Gebiet mit großem geothermischen Potenzial. Hier kommen vor allem Vulkanite der Eifel, verkarstete Dolomite sowie Kalksteine und in Ostwestfalen auch zerklüftete Sandsteine in Betracht. Die hier vorliegenden Riff- und Massenkalk bilden bedeutende hydrothermale Reservoirs mit bis zu 170°C heißen Thermalwässern in 5.000 m Tiefe. Neben diesen Großstrukturen gibt es vereinzelt weitere Gebiete, in denen hydrothermale Energievorkommen vermutet werden.

1.4 Geothermie Systeme

In Abhängigkeit von der Tiefe der geothermischen Nutzung wird zwischen der Oberflächennahen- und der Tiefengeothermie unterschieden. Unabhängig von der Tiefe werden die Geothermie Systeme auch noch zwischen geschlossenen und offenen Systemen unterschieden.

Oberflächennahe Systeme

Als Oberflächennahe Geothermie wird die Nutzung der Erdwärme in bis zu 100 m Tiefe definiert. Andere Quellen definieren die oberflächennahe Geothermie bis zu einer Tiefe von 400 m. Zum Einsatz kommen hierbei Flächenkollektoren (Erdkollektoren) oder Erdwärmesonden.

Flächenkollektoren werden in relativ geringer Tiefe (meist 1,5 m) horizontal im Erdboden verlegt. Erdwärmesonden werden in zuvor niedergebrachten Bohrungen installiert.

Zur Nutzung der oberflächennahen Wärme, die naturgemäß ein niedrigeres Temperaturniveau besitzt als die Tiefengeothermie, muss die Temperatur angehoben werden. Hierfür werden im Regelfall strombetriebene Wärmepumpen eingesetzt.

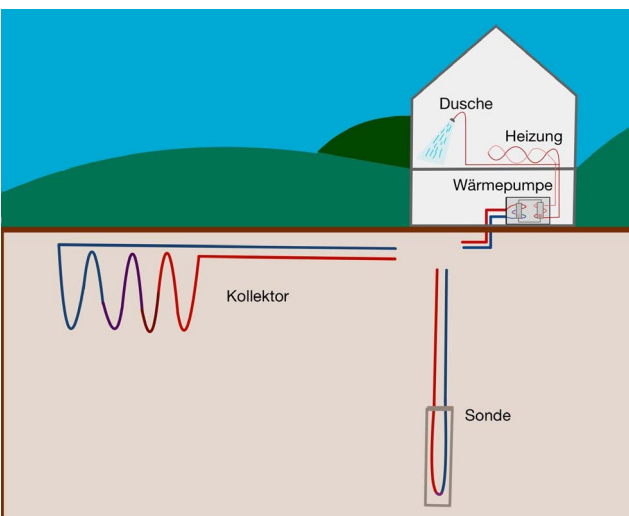


Abbildung 6: Oberflächennahe Geothermie Systeme
(Quelle: MWAE)

Flächenkollektoren oder Erdwärmesonden fungieren somit als Wärmetauscher. Die im Boden verlegten Kunststoffrohre werden von einem Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel durchflossen und leiten die Erdwärme an die Wärmepumpe weiter.

Flächenkollektoren

Flächenkollektoren bestehen aus mehreren im Erdboden verlegten Rohrschlangen oder -matten. Sie sind über Vor- und Rücklaufverteiler und Sammelleitungen mit einer Wärmepumpe verbunden. Ein Nachteil von Flächenkollektoren kann der höhere Platzbedarf sein. Die Größe richtet sich dabei nach der zu beheizenden Wohnfläche. In der Regel wird etwa doppelt so viel Platz für die Flächenkollektoren benötigt, wie an Wohnfläche beheizt werden soll. Da in Brandenburg oftmals der Boden sehr trocken (Sandböden) und wenig wärmespeicherfähig ist, kann der Platzbedarf sogar deutlich höher ausfallen als bei schweren, feuchten Böden (Lehmböden), bei denen eine gute Wärmeübertragung gewährleistet ist.

Erdwärmesonden

Als der am häufigsten genutzte Anlagentyp haben sich in Mittel- und Nordeuropa Erdwärmesonden durchgesetzt. Erdwärmesonden werden in zuvor senkrecht hergestellte Bohrungen installiert. Meistens werden dafür Doppel-U-Rohre verwendet. Diese sind mit einer Wärmeträgerflüssigkeit (in der Regel Wasser mit einem speziellen Frostschutzmittel) gefüllt, die die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt und an die Oberfläche zur Wärmepumpe transportiert. Im Regelfall werden Erdwärmesonden in 50-160 m tiefen Bohrungen eingebaut. Ein bis zwei Bohrungen reichen für die Beheizung eines Einfamilienhauses aus. Aber auch komplette Wohngebiete lassen sich auf diese Weise versorgen.

Offenes System

In der Tiefengeothermie sind offene Systeme der Normalfall. Sie bestehen in der Regel aus einer Dublette, d.h. einer Förderbohrung und einer Injektionsbohrung, die im selben Förderhorizont, möglichst weit entfernt voneinander, enden und im Bohrloch tiefsten offen sind. Die Zirkulation des Thermalwassers zwischen beiden Bohrungen erfolgt im Förderhorizont.

Geschlossenes System

Bei geschlossenen Systemen (Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren) zirkuliert das Wasser in geschlossenen Rohrleitungen.

Bei größeren Anlagen, für die viele Bohrungen niedergebracht werden müssen, führt man vor der Erstellung eines solchen „Sondenfeldes“ einen so genannten „Thermal Response Test“ durch. Er liefert Daten über den Untergrund, wie die Wärmeleitfähigkeit des Bodens. Dadurch kann berechnet wer-

den, wie viele Bohrungen mit welcher Tiefe benötigt werden. Im Ergebnis können Bohrmeter und damit Kosten eingespart sowie sichergestellt werden, dass sich die einzelnen Erdwärmesonden in ihrer Leistung nicht gegenseitig beeinflussen.

Tiefengeothermie

Bei der Tiefengeothermie werden Wärmereservoirs genutzt, die sich mindestens 100 m (andere Quellen sprechen von mindestens 400 m) bis mehrere Tausend Meter unter der Erde befinden. Mit zunehmender Tiefe steigt die Temperatur um ca. 3 °C pro 100 m [6]. Diese Tiefen müssen durch entsprechende Bohrungen erreicht werden.

Die für Tiefengeothermieprojekte eingesetzte Bohrtechnik wird bereits seit über 100 Jahren zur Gewinnung von Erdöl und Erdgas erfolgreich eingesetzt. Die einzusetzende Bohrtechnik ist abhängig von den geologischen Verhältnissen, der Tiefe des Zielhorizontes und der geplanten Förderrate. Daher gehen Tiefbohrungen stets sorgfältige Analysen, wie seismische, gravimetrische oder magnetotellurische Explorationen des Untergrunds voraus. Je nach Art der Untersuchung lassen sich einzelne Schichten oder Störungszonen identifizieren, die eine genaue Planung der Bohrungen ermöglicht. Diese Vorgehensweise reduziert das Fündigkeitsrisiko. Durch geeignete Maßnahmen bei der Ausführung der Bohrungen wird außerdem sichergestellt, dass schützenswerte Güter wie das Grundwasser nicht negativ beeinflusst werden.

Die Erdwärme kann nicht oder nur selten direkt genutzt werden. Über eine Förderbohrung wird das Thermalwasser an die Erdoberfläche gefördert. In einer Heizzentrale wird dem Thermalwasser mittels Wär-

Fündigkeitsrisiko

Das Fündigkeitsrisiko bei geothermischen Bohrungen ist das Risiko, ein geothermisches Reservoir mit einer (oder mehreren) Bohrung(en) in nicht ausreichender Quantität oder Qualität zu erschließen. Die Quantität wird dabei über die thermische Leistung definiert. Die Qualität beschreibt die Zusammensetzung (Chemismus) des Wassers für eine geothermische Nutzung. Es können Bestandteile wie Salze oder Gase in dem Wasser auftreten, die die Nutzung ausschließen oder erschweren.

meüberträger (Wärmetauscher) die Wärmeenergie entzogen und diese Wärme auf das im Wärmetauscher zirkulierende Leitungswasser übertragen. Dieses erwärmte Wasser kann wiederum beispielsweise in ein Wärmenetz eingespeist werden. Das abgekühlte Thermalwasser wird anschließend über eine Injektionsbohrung wieder in den Förderhorizont gepumpt.

Mittels einer Wärmepumpe kann das Temperaturniveau des Nutzwassers weiter angehoben werden. Tiefenwässer können nicht für Trink- oder Brauchwasserzwecke genutzt werden, da sie einen zu hohen Gehalt an Inhaltsstoffen (z.B. Salz und Mineralstoffe) aufweisen.

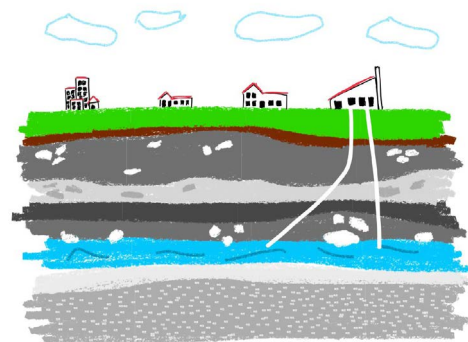


Abbildung 7: Tiefengeothermie, hydrothermale Dublette
(Quelle: MWAE)

2. Rechtliche Rahmenbedingungen

Bei der Realisierung von Vorhaben der Tiefengeothermie müssen verschiedene Landes- und Bundesgesetze beachtet werden. Hierzu zählen unter anderem das Bundesberggesetz (BBergG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das brandenburgische Wassergesetz (BbgWG) sowie das Geologiedatengesetz (GeoIDG). Begleitend sind die Vorschriften des Naturschutzes sowie des Immissionsschutzes zu beachten.

2.1 Bergrecht

Im Bergbau sind Rohstoffe in der Regel ‚bergfreie Bodenschätze‘. Die Aufsuchung und Gewinnung wird in Deutschland durch das Bergrecht geregelt. Es ist ein privilegierendes Recht, da die Rohstoffversorgung, wie z. B. auch die Nahrungsversorgung, Wasserversorgung und Energieversorgung im öffentlichen Interesse ist. Hier gilt, dass Gemeinwohl vor Einzelwohl geht.

Das BBergG stellt die wesentliche Rechtsgrundlage für die Aufsuchung und Gewinnung eines Rohstoffes dar.

Die Tiefengeothermie beginnt bergrechtlich gesehen ab einer Tiefe von mehr als 100 m unter der Erdoberfläche. Erdwärme ist nach den einschlägigen Bestimmungen des BBergG ein „bergfreier Bodenschatz“. Für eine wirtschaftliche Nutzung der Tiefengeothermie zum Zwecke einer Wärmenutzung sind meist erst Tiefen von über 1.000 m und Temperaturen von über 40 °C von Interesse.

Das LBGR erteilt bei Tiefengeothermieprojekten auf Antrag die notwendigen Bergbauberechtigungen sowie die Genehmigungen zur Erkundung, Aufsuchung und

Zuständige Behörde

Vorhaben der Tiefengeothermie sind Bergbauvorhaben. Die dafür zuständige Behörde im Land Brandenburg ist das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) mit Sitz in Cottbus.

Gewinnung (Förderung). Wesentliches Verfahrenselement in den Genehmigungsverfahren ist die Pflicht zur Erstellung und Führung bergrechtlicher Betriebspläne.

2.2 Anzeige- und Dokumentationspflichten in Brandenburg

Bei den tiefengeothermischen Vorhaben, die der Bergaufsicht durch das LBGR unterliegen, kommen die rechtlichen Regelungen des BBergG zur Anwendung, da der Antragssteller zu einem Bergbauunternehmer wird.

Dies betrifft insbesondere die Pflicht zur Einreichung von Betriebsplänen (bei Bohrungen > 100 m Bohrlochtiefe), wie auch das Erfordernis zur Einholung einer Bergbauberechtigung bei der Bergbehörde bei Vorhaben, die nicht der Ausnahmeregelung des § 4 Abs. 2 Nr. 1 Bundesberggesetz unterliegen.

Bergbauberechtigungen

Aufsuchungsvorhaben benötigen nach § 7 BBergG eine „Erlaubnis“ mit Felddesabgabe.

Gewinnungsvorhaben benötigen nach § 8 BBergG eine „Bewilligung“ mit Förderabgabe.

In einem Betriebsplan sind folgende Dinge enthalten:

- Verantwortliche Projektgeologen
- Bohrfad (Richtung der Bohrung)
- Berechnung der Reibung zwischen den Erdschichten und den Bohrgestängen und damit Auslegung der Leistung der Bohranlage
- Plan für die Zementierung
- Planung der Drucktests
- Verrohrungsplan
- Auswahl der Bohrspülung, in der Regel abhängig von der Standfestigkeit, der Permeabilität und den Druckverhältnissen des Gesteines sowie der Bohrmethode
- Plan des Bohrplatzes, Betriebsgelände und Zufahrt
- Alarm- und Gefahrenabwehrplanung
- Bohrprogramm
- Überwachungskonzept der fertig abgeteufte Bohrung

Nach Gesetzeslage besteht darüber hinaus die Pflicht zur unaufgeforderten, umfassenden Übermittlung der Untersuchungsergebnisse (insbesondere Lage der Bohrungen, Schichtenverzeichnisse, Angaben zum Bohrverfahren, ggf. Angaben zum Ausbau, Methoden und Ergebnisse der durchgeführten Bohrlochmessungen sowie Informationen zur Beschreibung aller Probenahmen und den Aufbewahrungsort, sowie die beabsichtigte Aufbewahrungsdauer der Proben, Ergebnisse von Pumpversuchen und anderen hydraulischen Tests, Angaben zur Bohrtechnik sowie zum Ausbau und zur Verfüllung des Bohrloches) an das LBGR (§9 - §13 GeoIDG).

Die Onlineanzeige nach Geologiedatengesetz ersetzt nicht die Erlaubnisverfahren nach dem Wasser- und Bergrecht.

Standortauswahlgesetz (StandAG)

Bei allen Bohrvorhaben > 100 m Tiefe ist eine Prüfung der Betroffenheit nach § 21 Standortauswahlgesetz (StandAG) nötig. Die Bundesgesellschaft für Endlagerung GmbH (BGE) hat in ihrem Zwischenbericht im September 2020 Gebiete veröffentlicht, in dem auf Grundlage der an die BGE übermittelten geologischen Daten Flächen ausgewiesen wurden, die als möglicher Standort für eine Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Betracht kommen.

Nach dem StandAG unterstehen diese Gebiete gemäß § 21 StandAG einem besonderen Schutz, wonach Anträge eines Vorhabens mit Bohrtiefen von mehr als 100 m nur unter bestimmten Voraussetzungen und im Einvernehmen mit dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) zugelassen werden können. In Brandenburg machen diese Gebiete derzeit ca. 57 Prozent der Landesfläche aus [7]. Sollte die angezeigte Bohrung in einem nach dem StandAG identifizierten Gebiet liegen, ist die Anzeige zur Bohrung mindestens 4 Wochen vor Bohrbeginn einzureichen.

3. Anforderung an Tiefengeothermieprojekte

3.1 Checkliste zur erfolgreichen Genehmigung

A) Vorstudie

1. Erarbeitung einer Zielstellung
2. Ermittlung geowissenschaftlicher Grundlagen
 - 2.1 Datenlage (Übersicht über Daten: insbesondere Seismik Profile und Bohrungen, hydraulische Tests, Temperaturangaben)
 - 2.2 Geologischer Aufbau (geologische Schnitte durch das Untersuchungsgebiet, Interpretation seismischer Profile)
 - 2.3 Tiefenlage der wasserführenden Horizonte
 - 2.4 Erste Abschätzung der Temperatur
 - 2.5 Durchlässigkeiten sowie mögliche Förderraten
 - 2.6 Hydrochemie
3. Übersicht über die Bergrechte
4. Energetische Nutzung
 - 4.1 Geplante / vorhandene Wärmeversorgung (Angabe der Gemeinde bzw. des lokalen Energieversorgers: wie viel muss/kann die Geothermie zur Wärmeversorgung beitragen)
 - 4.2 Stromerzeugung (optional, falls gewünscht)
 - 4.3 Technisches Grobkonzept der Geothermieanlage
 - 4.4 Erschließungsvarianten (Dublette, Entfernung der Bohrungen, Ablenkungen)
 - 4.5 Ausbau der Bohrungen (als Grundlage für eine Kostenschätzung)
 - 4.6 Übertageanlagen
5. Betrachtung konkurrierender Nutzungen
6. Kostenschätzung

B) Machbarkeitsstudie

- 1.– 4. Ähnlich der Vorstudie, dient als Feinkonzept: Festlegung der zu planenden Varianten.
5. Investitionskosten
 - 5.1 Exploration
 - 5.2 Untertageanlage
 - 5.3 Übertageanlage
6. Wirtschaftlichkeit
 - 6.1 Betriebskosten
 - 6.2 Ausgaben und Erlöse
 - 6.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung
7. Risikoanalyse (seismisches Risiko, Fündigkeitsrisiko, etc.)
8. Ökologische Bilanz
9. Projektablaufplanung

C) Exploration

1. Beauftragung eines Planungsbüros/Projektmanagements
2. Beantragung eines Erlaubnisfeldes bei der Bergbehörde
3. Geophysikalische Exploration, falls erforderlich
4. Bohrkonzeption (unter Berücksichtigung von Vorgaben der Bergbehörde)
5. Ausschreibung der ersten Bohrung, Aufstellen eines Betriebsplanes
6. Durchführung der Bohrung einschließlich Tests
7. Ggf. Stimulationsmaßnahmen
8. Bewertung der Bohrergebnisse (Fündigkeit)
9. Beantragung eines Bewilligungsfeldes bei der Bergbehörde (ggf. Parallelbeantragung für andere Bodenschätze und/oder Sole)

In der Regel durchläuft ein Projekt vier Planungsstufen. Dabei ist ein enger Austausch mit der zuständigen Behörde in Brandenburg (LBGR) empfehlenswert.

D) Erschließung

1. Ausschreibung der zweiten Bohrung, Aufstellen eines Betriebsplanes
2. Durchführung der Bohrung einschließlich Tests
3. Ggf. Stimulationsmaßnahmen
4. Ggf. Antrag auf Verleihung des Bergwerkeigentums
5. Errichtung der Übertageanlagen (kann ggf. parallel zu 1–3 passieren)
6. Produktion

3.2 Planung

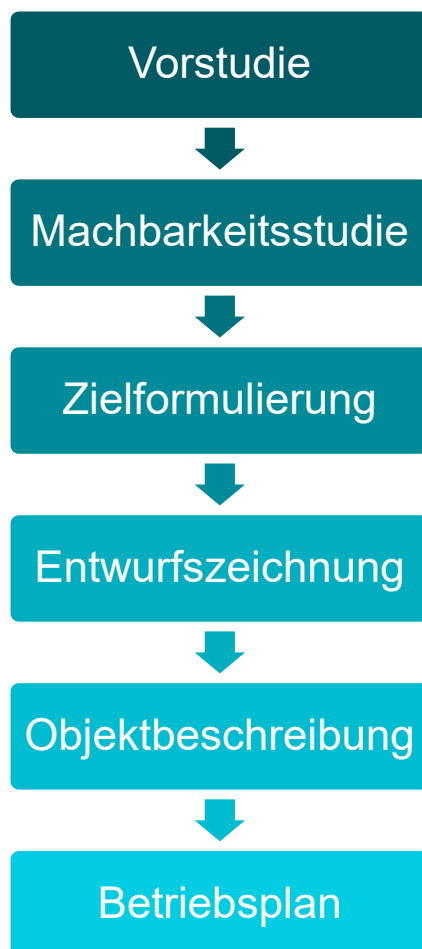


Abbildung 8: Exemplarischer Ablaufplan einer Projektplanung bis zum Betriebsplan (Quelle: MWAE)

Als erster Schritt der Planung einer Anlage zur Nutzung der Geothermie sollte eine Vorstudie erstellt werden. Bei einer Vorstudie werden Daten über die lokale Energieversorgung, vorhandene Versorgungsnetze und die geothermischen Untergrundverhältnisse zusammengetragen. Die Studie gibt Auskunft über die Möglichkeit der prinzipiellen Nutzung der Geothermie.

Im Zuge der Planung muss ggf. das Wärmenetz angepasst oder ein neues Wärmenetz errichtet werden.

Für die Umsetzung des Projekts wird anhand der ersten Daten eine Zielformulierung erstellt. Hierzu zählt ein Grobkonzept, indem die Kosten abgeschätzt werden können. Der Vorhabenträger entscheidet anhand dieses Grobkonzepts, ob das Projekt umsetzbar und wirtschaftlich darstellbar ist oder nicht. Zur weiteren Planung ist eine Machbarkeitsstudie durchzuführen.

Sie ist obligatorisch und gibt Auskunft über das geothermische Potenzial des Standortes. Aus dem geothermischen Potenzial kann eine Vorabschätzung zur Realisierbarkeit und zur erwartenden Wärmebereitstellung getroffen werden, sowie die Identifikation von möglichen Risikofaktoren.

Auf Grundlage der Machbarkeitsstudie kann mit einer softwaregestützten Simulation ein geothermisches Vormodell erstellt werden. Dort wird sichtbar, welche Schichten im Untergrund vorhanden sind. In dem Modell können unterschiedliche Ausführungsvarianten in Hinblick auf Nutzen und Kosten durchgerechnet werden.

Anhand dieser Informationen lassen sich die Tiefe, die Durchmesser und weitere Faktoren der Bohrungen bestimmen. Alle Ergebnisse werden zusammengetragen und ausführungsfähige Betriebspläne für die Bohrungen erstellt. In diesen sind mögliche behördliche Auflagen zu berücksichtigen.

3.3 Bauausführung

Das am häufigsten verwendete Verfahren zur Niederbringung von Bohrungen ist das Rotary-Verfahren und findet auch bei Tiefengeothermieprojekten Anwendung. Da Tiefengeothermiebohrungen oftmals in der Nähe von Wohngebieten oder sogar in innerstädtischen Bereichen niedergebracht werden, sind besondere Schallschutzmaßnahmen notwendig. Bei Tiefengeothermieprojekten finden mehrheitlich Bohrungsdubletten Anwendung, die aus einer Förderbohrung und einer Injektionsbohrung bestehen. Bevor die erste Bohrung erfolgen kann, muss der Bohrplatz für die benötigte Bohranlage hergerichtet werden.

Bei den Bohrungen findet das „Spülbohrverfahren“ Anwendung. Die Spülflüssigkeit wird hierbei durch das Bohrgestänge zum Bohrlochgrund gepumpt und befördert im Ringraum das Bohrklein nach oben.

Bohrklein

Das Bohrklein (engl. cuttings) ist das durch den Bohrprozess zertrümmerte Gestein, das mit der Bohrspülung zur Erdoberfläche gefördert wird.

In der Spülflüssigkeit sind Zusätze enthalten, diese lagern sich an der Bohrlochwand ab und verhindern ein Eindringen von Wasser aus dem umliegenden Gestein. Umgekehrt wird verhindert, dass die Bohrspülung in die Gesteinsschichten eindringt und so zu Leckagen führt.



Abbildung 9: Bohrturm Tiefengeothermie (Quelle: MWAE)



Abbildung 10: Gestängenachführung Tiefengeothermie Bohranlage (Quelle: MWAE)

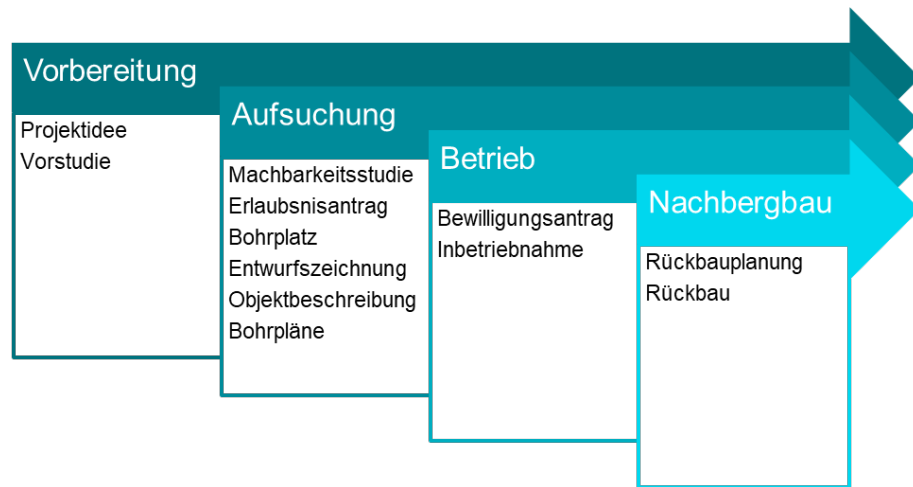


Abbildung 11: Exemplarische Darstellung der Abschnitte eines Geothermieprojektes (Quelle, MWAE)

3.4 Betrieb

Wichtig für den Betrieb der Anlage sind Arbeitsschutzregelungen und Umweltschutzregelungen, sowie ein Betriebsmanagement.

Im Betriebsmanagement werden Themen wie Personal, Versicherungen, Kundenakquise und Finanzen geregelt.

Auch beim Betrieb der Tiefengeothermieanlage sind die Bohrungen z.B. hinsichtlich einer Leckage, Ablagerungen und ggf. auftretender Korrosion kontinuierlich zu überwachen. Gleiches gilt für die Fördermengen, Temperaturen und Ausgasungen. Die Instandhaltungen sind gemäß Pflichtenheft durchzuführen.

3.5 Rückbau

Anlagen werden in der Regel stillgelegt, wenn die Anlagen veraltet, das Erdwärmereservoir erschöpft oder der Genehmigungszeitraum verfristet ist. Werden die Bohrungen nicht mehr benutzt, werden diese verfüllt. Alle übertägigen Anlagenteile sind zurückzubauen und ordnungsgemäß zu entsorgen.

3.6 Umweltauswirkungen

Durch die Nutzung von Tiefengeothermie, wird, wie bei fast jeder Technologie, in die Natur eingegriffen. Vergleicht man jedoch die konventionelle, nicht erneuerbare Form der Energiegewinnung und die Energiegewinnung mit anderen Erneuerbaren Energieträgern mit der Tiefengeothermie, ist der Eingriff sehr gering. Durch den geringen Flächenbedarf wird die Natur kaum beeinträchtigt.

Bei hydrothermalen Tiefengeothermie wird nur Tiefenwasser genutzt. Zur Vermeidung von möglichen Grundwasserunreinigungen sind im Rahmen von hydraulischen Stimulationen umfassende Regelwerke und technische Maßnahmenkataloge, die den Stand der Technik vorgeben, anzuwenden. Im Normalbetrieb wie auch bei Störfällen sind schädliche Umwelteinflüsse durch die Verwendung von qualitativ hochwertigen Baumaterialien und einer ausgereiften Technik mit zahlreichen Sicherungseinrichtungen nahezu ausgeschlossen. Im Genehmigungsbescheid (Betriebsplan) wird durch Auflagen sichergestellt, dass neben dem Grundwasserschutz auch die technischen Anforderungen eingehalten werden.

4. Genehmigungsweg



4.1 Antragsunterlagen

Jedes Bohrvorhaben ist gemäß Geologiedatengesetz (GeolDG) vom 19.06.2020 (dort §§ 8, 9 und 10) zwei Wochen vor Bohrbeginn dem LBGR anzuzeigen. Das GeolDG dient der Sicherung und der öffentlichen Bereitstellung geologischer Daten für alle geologischen Aufgaben in Deutschland [8].

Informationspflicht für Bohrungen

Nach dem GeolDG besteht darüber hinaus die Pflicht zur unaufgeforderten, umfassenden Übermittlung der Untersuchungsergebnisse an das LBGR.

Mit dem Gesetz wird eine umfassende Pflicht zur Sicherung geologischer Daten zum Zweck des Erhalts, der dauerhaften Lesbarkeit und Verfügbarkeit dieser Daten für alle bestehenden und künftigen geologischen Aufgaben des Bundes und der Länder verankert.

Auflistung der zu übermittelnden Daten:

1. Lage der Bohrungen
2. Schichtenverzeichnisse
3. Angaben zum Bohrverfahren ggf. Angaben zum Ausbau
4. Methoden und Ergebnisse der durchgeführten Bohrlochmessungen sowie Informationen zur Beschreibung aller Probenahmen und den Aufbewahrungsort und die beabsichtigte Aufbewahrungsdauer der Proben
5. Ergebnisse von Pumpversuchen und anderen hydraulischen Tests
6. Angaben zur Bohrtechnik sowie zum Ausbau und zur Verfüllung des Ringraums

Onlineanzeige nach Geologiedatengesetz

In dem Portal des LBGR kann zur Anzeige von Bohrungen und geologischen Untersuchungen, die in Brandenburg durchgeführt werden sollen, eine Onlineplattform genutzt werden. Die Internetanwendung soll das Meldeverfahren vereinfachen, nutzerfreundlicher machen und die Verfahren beschleunigen.

4.2 Fördermöglichkeiten

Der Bund fördert die Tiefengeothermie über folgende Programme:

- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
- Richtet sich vor allem an Kommunen und kommunale Unternehmen
 - Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW)
 - Richtet sich an private Unternehmen und kommunale Unternehmen
 - Oberflächennahe- und Tiefengeothermie werden gefördert
 - Die Förderung der Tiefengeothermie erfolgt über das Modul 2: Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien.
 - Die Erstellung von Machbarkeitsstudien ist ebenfalls förderfähig und zwar unabhängig davon, ob anschließend auch eine Geothermieranlage errichtet wird oder nicht.
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) Geothermische Anlagen zur Stromerzeugung werden gefördert. Das EEG bietet durch feste Vergütungssätze und einen 20jährigen Vergütungszeitraum eine hohe Planungs- und Investitionssicherheit. Es besteht ein Anspruch auf Einspeisevergütung für den erzeugten Strom gegenüber dem jeweiligen Netzbetreiber (Energieversorgungsunternehmen).

4.3 Netzanschluss

Ein Fernwärmenetz (FW-Netz) kann mit verschiedenen Wärmeerzeugungstechnologien betrieben werden. In Brandenburg sind 119 Fernwärmenetze mit einer Leitungslänge von rund 1.676 Kilometern in Betrieb. Das bietet die Möglichkeit, dort die Wärmeerzeugung auf Tiefengeothermie umzustellen. Hierbei sind die Bohrungen möglichst in der Nähe der bereits existenten Netzinfrastrukturen zu platzieren, um Wärmeverluste beim Transport zu vermeiden.



Abbildung 12: Fernwärmeleitung (Quelle: Fotolia.com/feufoto)

Anschlusszwang

Der Anschlusszwang gilt für Eigentümer, dessen bebautes Grundstück in einem Fernwärmevorranggebiet liegt. Sie sind verpflichtet, Ihr Eigentum an eine Fernwärmeversorgungsanlage anzuschließen. Der Anschlusszwang wird von der Gemeinde in dessen Gemarkung das Grundstück liegt, durch Satzung beschlossen.

5. Erfolgreiche Anwendungsbeispiele im Norddeutschen Becken

5.1 Stadt Potsdam (Brandenburg)

In Potsdam wurde 2023 ein erstes Tiefengeothermieprojekt erfolgreich umgesetzt. Eine besondere Herausforderung bei der Realisierung des Projektes war die innerstädtische Lage des Bohrplatzes. Durch die Einhaltung der Umwelt- und Lärmschutzaufgaben sowie frühzeitige Informationen an die Anwohner/innen gab es keine Akzeptanzprobleme.

Durch die Erdwärme der Tiefengeothermieanlage wird in Potsdam ein Neubauquartier mit ca. 700 Wohneinheiten versorgt. Die darüber hinaus verfügbare Wärme wird in das Potsdamer Wärmenetz eingespeist. Insgesamt liefert die Anlage Wärme für ca. 5000 Haushalte. Die Tiefengeothermie wird dadurch zu einer verlässlichen Wärmequelle für viele Potsdamer.

Weitere Planungen/ Entwicklungen:

Im Süden von Potsdam ist bereits das nächste Geothermieprojekt der Energie und Wasser Potsdam GmbH (EWP) geplant. Weitere Projekte sollen folgen, sodass künftig rund 50 Prozent des Wärmebedarfs in Potsdam durch die Geothermie abgedeckt werden kann. Dabei ist die Versorgungssicherheit gewährleistet, da die Tiefengeothermie ein grundlastfähiger Energieträger ist.

Name der Anlage	k.A.*
Eigentümer/ Betreiber	Stadtwerke Potsdam
Nutzungsart	Hydrothermale Dublette
Jahr der Inbetriebnahme	vrsl. 2024
Leistung thermisch [MWth]	ca. 4
Bohrung [m]	1.076
Thermalwassertemperatur [°C]	47
Förderrate [l/s]	k.A.*
Investitionskosten	ca. 20 Mio. EUR



Abbildung 23: Tiefengeothermie Bohranlage in Potsdam
(Quelle: MWAE)

5.2 Stadt Neuruppin (Brandenburg)

In rund 1700 Metern Tiefe befindet sich unterhalb der Stadt Neuruppin ein Aquifer mit ca. 60 °C warmen, salzhaltigem Thermalwasser. Überlegungen und Aktivitäten, Tiefengeothermie für eine umweltfreundliche und klimaschonende Wärmeversorgung einzusetzen, gab es bereits seit 1987/1988. Diverse angestoßene Projekte scheiterten allerdings an der damaligen fehlenden Wirtschaftlichkeit im Vergleich mit den fossilen Energieträgern.

Im Jahr 2007 wurde erstmals die Wärmeversorgung eines Hotel- und Freizeitkomplexes in Neuruppin durch eine Tiefengeothermieanlage mit zwei Bohrungen realisiert.

Weitere Planungen/ Entwicklungen:

Die Stadtwerke Neuruppin (SWN) haben für den weiteren Ausbau der örtlichen Wärmeversorgung ein Tiefengeothermieprojekt geplant.

Das vorhandene Wärmenetz versorgt derzeit ca. 1800 Gebäude. Mit dem durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) geförderten Projekt sollen eine Tiefengeothermieanlage und sechs Großwärmepumpen den Großteil der bislang überwiegend fossilen Wärmeerzeugung aus Erdgas ersetzen. Dabei sollen in einem Abstand von 20 Metern zwei Bohrungen, die unterirdisch abgelenkt werden und bis in eine Tiefe von 1.700 bis 1.800 Metern reichen, niedergebracht werden. Ab dem Jahr 2027 soll die Wärmeversorgung durch die Tiefengeothermie aufgenommen werden. Ziel ist eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung zu stabilen Preisen.

Name der Anlage	Heizwerk Neuruppin
Eigentümer/ Betreiber	Seetorinvest GmbH
Nutzungsart	Hydrothermale Dublette
Jahr der Inbetriebnahme	2007
Leistung thermisch [MWth]	1,4
Bohrungen [m]	1620/ 1.675
Thermalwassertemperatur [°C]	63,4
Förderrate [l/s]	4,2



Abbildung 14: Bohranlage in Neuruppin (Quelle: SWN)

5.3 Stadt Prenzlau (Brandenburg)

Im Jahr 1987 wurde in Prenzlau eine aus zwei Bohrungen bestehende Geothermieanlage in Betrieb genommen, die eine Thermalwasserförderung aus ca. 1100 m Tiefe mit einer Temperatur von 42 °C vorsah. Die Anlage wurde aufgrund einer zu niedrigen Ergiebigkeit des Förderhorizontes bereits 1989 stillgelegt.

Nach dem Tieferteufen einer der beiden Bohrungen auf 2.786 m Tiefe, konnte 1994 eine Tiefe Erdwärmesonde am Thomas-Müntzer-Platz als Pilotanlage in Betrieb genommen werden.

Innerhalb der Erdwärmesonden zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit (z.B. Wasser) in einem geschlossenen Kreislauf, die die im Untergrund gespeicherte Wärme aufnimmt. Der Kontakt zum Grundwasser und thermalen Wässern in der Tiefe wird dadurch vermieden. Am tiefsten Punkt der Sonde wurde eine Temperatur von 108,5 °C gemessen.

Mit Hilfe einer Wärmepumpe wird eine maximale thermische Leistung von 500 kW erreicht. Die Tiefe Erdwärmesonde stellt so Wärme zur Beheizung und Warmwasserbereitung für bis zu 550 Wohneinheiten bereit.

Weitere Planungen/ Entwicklungen:

Prenzlau plant ein klimaneutrales Fernwärmenetz mittels Tiefengeothermie. Perspektivisch sollen 65 Prozent der benötigten Fernwärmemenge durch Tiefengeothermieanlagen und Wärmepumpen bereitgestellt werden. Die Stadtwerke wollen zudem die vorhandenen Fernwärme-

Name der Anlage	Erdwärmesonde Prenzlau
Eigentümer/ Betreiber	Stadtwerke Prenzlau
Nutzungsart	Tiefe Erdwärmesonde
Jahr der Inbetriebnahme	1994
Leistung thermisch [MWth]	0,15
Bohrung [m]	2.786
Thermalwassertemperatur [°C]	108
Förderrate [l/s]	3,33



Abbildung 15: Heizwerk Prenzlau (Quelle: SWP)

teilnetze zu einem großen Fernwärmenetz zusammenfassen und somit eine zentrale Wärmeversorgung etablieren.

5.4 Stadt Schwerin (Mecklenburg-Vorpommern)

In Schwerin (Lankow) ist ebenfalls ein Tiefengeothermieprojekt erfolgreich umgesetzt worden. Die gewonnene Erdwärme wird in ein gut ausgebautes Fernwärmenetz eingespeist, wobei durch eine Temperaturerhöhung über vier Wärmepumpen die notwendige Vorlauftemperatur erreicht wird. Für die Stadtwerke Schwerin ist die Anwendung von Geothermie ein konsequenter Schritt in Richtung nachhaltiger und klimafreundlicher Energiegewinnung. Das Geothermievorhaben Schwerin-Lankow symbolisiert auch die übergeordneten Ziele der Stadt Schwerin, in Zukunft immer weniger auf fossile Energieträger angewiesen zu sein und sich von den Preisentwicklungen des Gasmarktes unabhängiger zu machen. Etwa 15 Prozent des Fernwärmebedarfs der Landeshauptstadt werden durch diese Tiefengeothermieanlage abgedeckt.

Weitere Planungen/ Entwicklungen:

Im Zuge der Wärmetransformation der Stadt Schwerin sollen in der Zukunft rund 60 Prozent der Schweriner Haushalte an ein Fernwärmenetz angeschlossen sein. Ca. 50 Prozent des Wärmebedarfs soll mittels geothermischer Energie bereitgestellt werden. Eine weitere Geothermieanlage befindet sich bereits in Planung.

Name der Anlage	Schwerin-Lankow
Eigentümer/ Betreiber	Stadtwerke Schwerin
Nutzungsart	Hydrothermale Dublette
Jahr der Inbetriebnahme	2023
Leistung thermisch [MWth]	5,7
Bohrungen [m]	1296/1311
Thermalwassertemperatur [°C]	56
Förderrate [l/s]	55
Investitionskosten	ca. 20,5 Mio. EUR

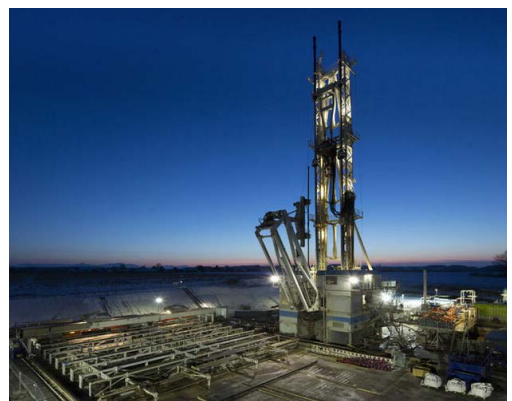


Abbildung 16: Bohranlage in Schwerin Lankow
(Quelle: SWS)

6. Fragen und Antworten

1. Wie effizient ist die Geothermie gegenüber anderen Erneuerbaren Energien?

Ausschlaggebende Parameter für die Effizienz von Tiefengeothermieanlagen sind eine möglichst hohe Temperaturspreizung zwischen Reservoir und Wärmesenke und die realisierbare Förderrate des Thermalwassers. Aus beiden Faktoren kann man die erreichbare thermische Leistung berechnen.

Die Bohrtiefe und die oberirdische Transportdistanz bestimmen neben der Anlagenauslastung die Wärmegeheimungskosten maßgeblich – diese Parameter weisen aufgrund möglicher kleinräumiger geologischer Unterschiede eine vergleichsweise hohe Varianz auf und machen aufwendige Voruntersuchungen bzw. eine umfassende Risikoabsicherung erforderlich.

Ein besonderer Vorteil der Geothermie ist deren hohe Verfügbarkeit. Es können fast ganzjährig, das heißt bis zu 8760 Stunden pro Jahr Wärme oder/ und Strom gewonnen werden. Im Vergleich dazu haben Offshore Windenergieanlagen in Deutschland nur bis zu 4.000 Volllaststunden pro Jahr [9].

2. Welche Wärmebilanz hat die Erde?

Im Erdkern herrschen Temperaturen von 5.000 bis 7.000 °C, 99 % des Erdinneren sind heißer als 1.000 °C. Der geothermische Gradient beschreibt die Änderung der Temperatur mit zunehmender Tiefe im Erdreich. Pro 100 m unter der Erdoberfläche nimmt die Temperatur im Durchschnitt um 3 °C zu.

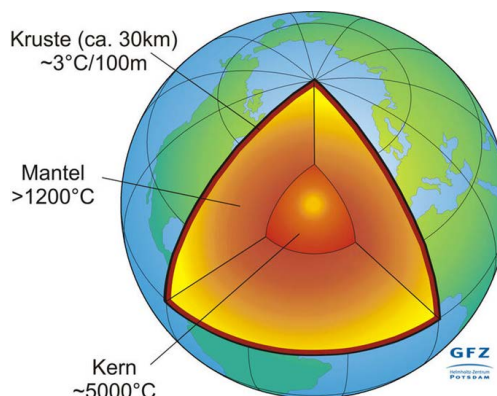


Abbildung 17: Temperaturen im Erdkern
(Quelle: GFZ Potsdam)

3. Wie hoch ist das geothermische Potenzial in BB?

Brandenburg befindet sich im Norddeutschen Becken. Das Norddeutsche Becken ist mit seinen unterschiedlichen Sedimentgesteinen besonders gut für die Geothermie geeignet. Brandenburg besitzt vor allem im nördlichen Teil einen höheren Temperaturgradienten als im Süden. In der Abbildung 5 sind die erwarteten Temperaturen in 2000 m Tiefe für Brandenburg dargestellt. Belastbare Aussagen zu einem Tiefengeothermiestandort (Förderaten und Temperaturen) kann man aber erst treffen, wenn durch eine Bohrung der Förderhorizont erreicht wurde.

4. Wird Strom aus Geothermie-Anlagen nach dem EEG 2023 vergütet?

Ja, mit 25,20 ct pro Kilowattstunde (§ 45 Abs.1 EEG 2023).

5. Welche geologischen Voraussetzungen sind besonders gut für die Tiefengeothermie geeignet?

Für die Tiefengeothermie sind ein hoher geothermischer Gradient und Wasser führende Gesteinsschichten die besten Voraussetzungen.

6. Wie kann theoretisch die Leistung einer hydrothermalen Bohrung bestimmt werden?

Die Leistung als physikalische Größe bezeichnet die in einer Zeitspanne umgesetzte Energie. Zur Berechnung der installierten geothermischen Leistung kann folgende Formel herangezogen werden:

$$P = \rho F \cdot c_F \cdot Q \cdot (T_i - T_o)$$

Dabei ist Q die Förderrate im Betrieb. T_i ist die Eintrittstemperatur des Thermalwassers in die Wärmeübertragungsstation und T_o die Austrittstemperatur des Leitungswassers aus der Wärmeübertragungsstation zum Fernwärmenetz. ρF ist die Dichte des Thermalwassers und c_F die spezifische Wärmekapazität des Thermalwassers. In dem Bereich der Fernwärme und Gebäudeheizung ist eine Berechnung der installierten Leistung für die geothermische Nutzung erst möglich, wenn konkrete Angaben über die Rücklauftemperaturen gemacht werden können (T_o). In der Regel ist eine weitere Energiequelle in das Netz eingebunden, um stabiler gegen Ausfälle und Spitzenlasten zu sein. Daher wird zwischen der installierten Leistung (geothermisch) und der installierten Leistung (gesamt) unterschieden.

7. Wie lang ist der Prozess von der Planung bis zu dem Betrieb einer Anlage (Planungsphase, Bauausführung)?

Für die Vorbereitung einer Tiefengeothermieanlage ist ungefähr 1 Jahr einzuplanen. Für die Aufsuchung ca. 3 Jahre. Insgesamt dauert der Prozess 4-7 Jahre.

8. Was sind die Vorteile der Tiefengeothermie?

Vorteile der Tiefengeothermie

- Zentraler Baustein der Wärmewende in Brandenburg
- Nutzung einer konfliktarmen erneuerbaren Energiequelle
- CO₂-Reduktion durch das Ersetzen fossiler Brennstoffe
- Grundlastfähige Versorgung (stabile Energiequelle, unabhängig von Witterung und Tageszeiten)
- Preisstabile, sichere Wärmeversorgung
- Geringe Betriebskosten
- Etablierte umweltverträgliche Technologie
- Dezentrale Energieversorgung
- Geringer Flächenverbrauch
- Regionale Verfügbarkeit
- Geringe Recyclingprobleme

7. Links und weiterführende Informationen

Links

<https://www.bohranzeige-brandenburg.de>
LBGR - Online Bohranzeige

<https://mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/wasser/grundwasser-und-wasserversorgung/geothermie/#>
MLUK - Oberflächennahe Geothermie

<https://geo.brandenburg.de>
Geothermieportal Brandenburg

<https://www.geotis.de>
Geothermische Informationssysteme
Informationsportal Erneuerbare Energien -
Geothermie (erneuerbare-energien.de)
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz,
Informationsportal Erneuerbare Energien

<https://www.bgr.bund.de>
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

<https://geoportal.bgr.de>
Geoportal der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

<https://bergpass.lbeg.de>
Antragslotse bei Bergbauvorhaben

Merkblätter

https://lbgr.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/MerkblattGeothermie_Juni2022.pdf
Geologie und Genehmigungsverfahren

https://lbgr.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/MerkblattGeothermie_Juni2022.pdf
Tiefengeothermie im Bergrecht

https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/land_bb_test_02.a.189.de/Merkblatt-Geothermie.pdf
Anforderungen des Gewässerschutzes an geothermische Anlagen

8. Referenzen

8.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:
Energieverbrauch nach Heizungssystem und Energieträgern in Brandenburg 2022 (Quelle: Wärmekataster, Energieagentur Brandenburg)

Abbildung 2:
Temperaturen des Untergrundes von Berlin und Brandenburg in 2000 m Tiefe (Quelle: LBGR)

Abbildung 3:
Darstellung der Tiefengeothermie Standorte mit Anwendungszweck in Brandenburg (Quelle: LBGR)

Abbildung 4:
Temperaturen in 3000 m Tiefe in Deutschland anhand von Bohrdaten in 3000 m Tiefe (Quelle: LIAG)

Abbildung 5:
Modellierte Temperaturen des Untergrundes von Berlin und Brandenburg in 4000 m Tiefe (Quelle: LBGR)

Abbildung 6:
Oberflächennahe Geothermie Systeme (Quelle: Eigene Darstellung, MWAE)

Abbildung 7:
Tiefengeothermie, hydrothermale Dublette. (Quelle: Eigene Darstellung, MWAE)

Abbildung 8:
Exemplarischer Ablaufplan einer Projektplanung bis zum Betriebsplan (Quelle: MWAE)

Abbildung 9:
Bohrturm Tiefengeothermie (Quelle: MWAE)

Abbildung 10:
Gestängennachführung Tiefengeothermie Bohranlage (Quelle: MWAE)

Abbildung 11:
Exemplarische Darstellung der Abschnitte eines Geothermieprojektes (Quelle: Eigene Darstellung, MWAE)

Abbildung 12:
Fernwärmeleitung (Quelle: Fotolia.com/ fefufoto)

Abbildung 13:
Tiefengeothermie Bohranlage in Potsdam, (Quelle: MWAE)

Abbildung 14:
Bohranlage in Neuruppin, (Quelle: SWN)

Abbildung 15:
Heizwerk Prenzlau, (Quelle: SWP)

Abbildung 16:
Bohranlage in Schwerin Lankow, (Quelle: SWS)

Abbildung 17:
Temperaturen im Erdkern (Quelle: GFZ Potsdam)

8.2 Fotonachweis

Titelseite: Tiefenbohranlage, Bereitstellung durch Energie und Wasser Potsdam GmbH (EWP)

8.3 Quellennachweise

- [1] Amt für Statistik Berlin Brandenburg Endenergieverbrauch 2020. [Online]. Abrufbar: https://download.statistik-berlin-brandenburg.de/093d-507cda43c683/a40fb1dbafdf/SB_E04-04-00_2020j01_BB.pdf. [Zugriff: 5. Juli 2023].
- [2] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, „Aktuelle Informationen: Erneuerbare Energien im Jahr 2020,“ 2021. [Online]. Abrufbar: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Aktuelle-Informationen/aktuelle-informationen.html. [Zugriff: 10. Juli 2023].
- [3] Energieagentur Brandenburg in der Wirtschaftsförderung Land Brandenburg GmbH, „11. Monitoringbericht zur Energiestrategie des Landes Brandenburg,“ Potsdam, 2021.
- [4] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. [Online]. Abrufbar: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Klimaschutz/klimaschutz-in-zahlen.pdf?__blob=publicationFile&v=8. [Zugriff: 04. August 2023].
- [5] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, „Einsparung der Treibhausgasemissionen durch Tiefengeothermie. [Online]. Abrufbar: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland>. [Zugriff: 07. September 2023].
- [6] Geothermischer Gradient [Online]. Abrufbar: <https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/geothermischer-gradient/5754> [Zugriff: 14 September 2023].
- [7] Bundesgesellschaft für Endlagerung, „Untersuchungen zur Standortauswahl“ [Online]. Abrufbar: https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Zwischenbericht_Teilgebiete_barrierefrei.pdf. [Zugriff: 08. August 2023]
- [8] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), „Geologiedatengesetz.“ [Online]. Abrufbar: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Geodatenmanagement/GeolDG/geolDG_node.html-vorschriften.pdf?__blob=publicationFile&v=6. [Zugriff: 04. August 2023].
- [9] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz „Ansätze eines Offshore-Stromnetzes in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) [Online]. Abrufbar: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/ansaetze-eines-offshore-stromnetzes-in-der-ausschliesslichen-wirtschaftszone-awz.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [Zugriff: 24. August 2023]

9. Abkürzungsverzeichnis

BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BBergG	Bundesberggesetz
BbgWG	Brandenburgisches Wassergesetz
BEG EM	Bundesförderung für effiziente Gebäude Einzelmaßnahmen
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
D-EITI	Deutsche Initiative für Transparenz im rohstoffgewinnenden Sektor
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EEW	Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizient in der Wirtschaft
FW	Fernwärme
GeoIDG	Geologiedatengesetz
HDR-System	Hot-Dry-Rock-System
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
StandAG	Standortauswahlgesetz
SW	Stadtwerke
WHG	Wasserhaushaltsgesetz



Ministerium für Wirtschaft,
Arbeit und Energie

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie
des Landes Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 107
14473 Potsdam
Tel.: 0331 8660
Fax: 0331 8661533
E-Mail: oeffentlichkeitsarbeit@mwae.brandenburg.de
Internet: <https://mwae.brandenburg.de>

Layout und Druck: LGB (Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg)
1. Auflage, Dezember 2023

