

Leitfaden zur geothermischen Voruntersuchung

Aufgestellt durch
Leitstelle Klimaneutrale Energieversorgung der Liegenschaften der Bundeswehr



in der Oberfinanzdirektion Nordrhein-Westfalen
Bauabteilung, Referat B 34,
0251 / 934 - 3000
Albersloher Weg 250
48155 Münster
<http://www.lkebw.de>
lkebw@ofd-bau.nrw.de

Stand 11/2024

Einführung

Zur Erreichung des Ziels, die Energieversorgung der Bundeswehrliegenschaften bis 2045 klimaneutral zu gestalten, muss ein stetiger Ausbau an erneuerbaren Energien erfolgen. Auch durch die Anforderungen des 2023 novellierten GEGs, mindestens 65% des Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien (EE) oder unvermeidbare Abwärme zu decken, erfordert bereits jetzt die Fokussierung auf die Nutzung regenerativer Energiequellen.

Neben Photovoltaik und Windkraft, die vorrangig zur regenerativen Stromerzeugung dienen, ist dabei im Wärmesektor besonders die Geothermie zu betrachten. Durch ihre stete Verfügbarkeit kann sie ein verlässlicher Teil der zukünftigen Energielandschaft auch in den Bundeswehrliegenschaften sein.

Für die Beurteilung, inwieweit die Geothermie als Energiequelle genutzt werden kann, muss das entsprechende Gebiet zunächst eingehend untersucht und bewertet werden. So kann über die vorherrschenden geologischen Gegebenheiten das theoretische Potenzial prognostiziert und das Fündigkeitsrisiko minimiert werden. Auch die genehmigungsrechtliche Situation ist vorab abzuschätzen. Eine vorab durchgeführte Untersuchung und Bewertung des entsprechenden Gebietes ist zudem notwendig, um in weiteren Schritten eine geothermische Anlage standortgerecht und realitätsnah auslegen zu können. Daher ist die Voruntersuchung immer der Aufstellung des Energieversorgungskonzeptes voranzustellen, außer eine geothermische Eignung kann generell ausgeschlossen werden.

Das folgende Muster soll zeigen, wie eine Beauftragung einer geothermischen Voruntersuchung aussehen kann. Es werden darin die wesentlichen Punkte einer solchen Voruntersuchung aufgelistet. Im Anschluss werden die sich hinter den einzelnen Positionen verborgenen Inhalte genauer beschrieben.

Die Aufschlüsselung der Inhalte soll dem Verständnis dienen und helfen, eingehende Angebote zur Durchführung einer Voruntersuchung besser einordnen zu können. In der abschließenden Zusammenfassung dieses Leitfadens werden die zentralsten Punkte einer geothermischen Voruntersuchung nochmals zusammengefasst.

Wichtig ist zudem, dass die Voruntersuchung als erster Schritt zur Nutzung von Geothermie gesehen werden muss. Nach einer positiv ausfallenden Potenzialanalyse muss das Potenzial praktisch in weiteren Untersuchungen und Tests (z.B. Thermal Response Test) über Bohrungen bestätigt werden, um den möglichen geothermischen Entzug möglichst genau und sicher bestimmen zu können.

Ausführung einer Beratungsleistung zur geothermischen Wärmeversorgung

in der Bundeswehrliegenschaft: **Musterkaserne in Musterstadt**

Untersuchung der genannten Liegenschaft hinsichtlich der Nutzung geothermischer Quellen zur Wärmeversorgung.

Ziel und Leistungsumfang

Im Zuge der Sanierung der Wärmeversorgung der Liegenschaft soll die Anforderung des novellierten GEGs, mindestens 65% des Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien (EE) oder unvermeidbare Abwärme zu decken, erfüllt werden und ein Schritt in Richtung klimaneutraler Energieversorgung bis 2045 getan werden. Ein vielversprechender Ansatz dafür ist die Nutzung geothermischer Quellen, da diese kontinuierlich verfügbar sind. Entsprechend ist zu prüfen, ob und in welchem Leistungsbereich Wärme geothermisch am Standort zur Verfügung gestellt werden kann.

Bei dieser Studie sollen alle potenziellen geothermischen Nutzungsmöglichkeiten (offene und geschlossene Systeme) am Standort identifiziert und eine Abschätzung vorgenommen werden, welche Wärmemengen mit welcher Technologie bereitgestellt werden können.

Zur Einordnung der in den Versorgungsgebiete benötigten Temperaturen und Energiemengen werden seitens des Auftraggebers Informationen bereitgestellt. Das betrifft auch Informationen zu möglichen Restriktionsflächen (Altlasten, Kampfmittel, Leitungen etc.) soweit sie dem Auftraggeber zur Verfügung stehen.

Zu bearbeitende Positionen in der Studie

1. Recherche und Zusammenstellung relevanter geowissenschaftlicher Daten (Geologie, Hydrologie), Beschreibung der geologischen Situation am Standort.
2. Geothermische Standortbeurteilung: Aussagen zu Potenzialen für offene und geschlossene Installationen und mögliche Einschränkungen sowie Risiken.
3. Einordnung der wasser- und bergrechtlichen Situation und allgemeine Einschätzungen zur Genehmigungsfähigkeit, Vorgespräche mit Behörden und gegebenenfalls anderen Akteuren (Wasserversorgern, Inhabern von Aufsuchungslizenz für Geothermie), Berücksichtigung (möglicher) benachbarter Geothermie-Anlagen.
4. Potenzialabschätzung und Ermittlung entziehbarer Wärmemengen über vereinfachte Ansätze für geschlossene und offene Systeme, falls Potenziale für letztere unter Position 3 ermittelt wurden.
5. Grobkostenschätzung und abschließende Bewertung mit Handlungsempfehlung.

Die durchgeführten Untersuchungen sind in Form eines Abschlussberichtes und einer Abschlusspräsentation zu dokumentieren.

Die erarbeiteten Inhalte sind jeweils zu erläutern und zu bewerten.

Erläuterung der Inhalte

Position 1 und 2

Datensammlung geothermisch relevanter Standortparameter und ihre Bewertung hinsichtlich der Nutzbarmachung

Die relevanten Daten zur Geologie, Hydrologie und geothermischen Gesteinseigenschaften am Standort sind im Rahmen einer Datenrecherche zu ermitteln. Dies betrifft im speziellen nachfolgenden Punkte:

- Geologie des Untergrundes; Schichtenfolge nach Karten und Bohrungsinformationen, tektonische Situation
- Ermittlung der geothermisch relevanten Parameter (Wärmeleitfähigkeit, Temperatur etc.) für die Schichtenfolge am Standort.
- Datenrecherche zur Ermittlung der Grundwassersituation und der hydrologisch relevanten Parameter auf Basis verfügbarer Informationen, Ermittlung der Grundwasserbeschaffenheit.
- Geothermie, Tiefenlage und Mächtigkeit von Grundwasserleitern, Identifizierung hydrologisch kritischer Bereiche und Ursachen (z.B. Verkarstung).

Die angefragten Untergrunddaten können, soweit verfügbar, aus öffentlich zugänglichen Onlineportalen abgerufen werden (u.a. GeotIS oder interaktive Karten der ländereigenen Geologischen Dienste). Diese Daten sind anschließend für den betrachteten Standort zusammenzufassen. Für weiterführende Charakterisierungen ist Kontakt mit dem zuständigen Geologischen Dienst aufzunehmen, um gegeben Falls Einsicht in spezifische Fachdaten zum Untergrund zu erhalten (z.B. Schichtenverzeichnisse, Bohrlochmessdaten, Grundwasserchemie, hydrologische Testergebnisse).

Vor dem Hintergrund der ermittelten Daten sind die Möglichkeiten und Risiken verschiedener geothermischer Systeme zu erörtern und ihre Umsetzbarkeit hinsichtlich der geologischen Bedingungen zu diskutieren. Vor- und Nachteile von offenen Systemen (Brunnenanlagen in Karbonaten) und geschlossenen Systemen bis 400 m Tiefe (Erdwärmesonden mit unterschiedlichen Sondertiefen, die marktechnisch eingeführt sind) sind standortspezifisch zu betrachten. Sollten sich aus der Recherche Hinweise ergeben, dass Potenziale in größeren Tiefen (> 400 m) zu erwarten sind, sind diese gesondert zu beschreiben und ihre mögliche Erschließung zu diskutieren.

Position 3

Einordnung der wasser- und bergrechtlichen Situation; allgemeine Genehmigungsfähigkeit

- Erfassung und Bewertung der wasser- und bergrechtlichen Bedingungen unter Berücksichtigung möglicher weiterer Akteure (Heilquellennutzung, existierende Aufsuchungslizenzen, Wasserversorgung), Kommunikation mit Behörden und gegeben Falls anderer Akteure, Berücksichtigung bereits realisierter Bohrungen in der Umgebung.
- Recherche zur Möglichkeit der Nutzung offener Systeme (Recherche nutzbare Grundwasserleiter, Karbonate) unter Berücksichtigung von Informationen zu Wasserschutzgebieten, Heilquellenschutzgebieten und sonstige schützenswerte Grundwasservorkommen, Kommunikation mit Behörden.
- Recherche zu Möglichkeit der Nutzung geschlossener Systeme, Ermittlung zu Tiefenlagen existierender geothermischer Bohrungen (Erdwärmesonden) und Ermittlung von gegeben Falls vorliegenden Bohrtiefenbegrenzungen oder anderer besonderer

Auflagen für Erdwärmesonden, die lokal nach Einschätzung der Wasserbehörde zum Tragen kommen könnten.

- Zusammenstellung und Bewertung von umweltrelevanten Informationen die seitens des Auftraggebers für den Standort zur Verfügung gestellt werden wie Auskünfte zur Grundstückshistorie, möglichen Einschätzungen durch Altlasten, Kampfmittel, Infrastruktur wie Leitungen.

Vor dem Hintergrund der erfassten Informationen ist die Umsetzbarkeit aus genehmigungsrechtlicher Sicht zu diskutieren und zu bewerten. Generelle Einschränkungen und besondere Auflagen, die zum Tragen kommen könnten, sind aufzuzeigen, vor- und nachteilige Punkte für die Umsetzung der verschiedenen Systeme sind gegenüberzustellen.

Position 4

Potenzialeinschätzung und Ermittlung entziehbarer Wärmemengen

Unter Berücksichtigung der nach Position 1 bis 3 vorliegenden Kenntnisse hat in einem nächsten Schritt eine Abschätzung der entziehbaren Wärmemengen zu erfolgen und eine Grobdimensionierung ist vorzunehmen. Hierzu sind auch Kenntnisse über vorhanden Bohrungen im Umfeld heranzuziehen, soweit diese vorliegen.

Zur Grobdimensionierung eines Erdwärmesondensystems und zur Einordnung genereller Fragen zur Genehmigungsfähigkeit (Temperatúrauswirkungen) sind Simulationsrechnungen heranzuziehen. Diese Leistungen sind in den Positionen 4-1 und 4-2 detaillierter beschrieben. Weitere Simulationsrechnungen, z.B. für andere Feldgeometrien oder anderen Betriebsführungen/Lastgänge, können vom Auftraggeber als optionale Positionen abgefragt werden.

Weiterführende Berechnungen zu entziehbaren Wärmemengen über Brunnen, über deren prinzipielle Machbarkeit zuvor Aussagen zu treffen sind, können ebenfalls als optionale Position (4-3) angeboten werden.

Sollte sich aus Position 1 und 2 ableiten lassen, dass potenziell nutzbare Reservoirs für offene Systeme erst in Tiefen zu erwarten sind, die einer bergrechtlichen Genehmigung (Aufsuchungslizenz) benötigen, ist dies gesondert zu betrachten und mit dem Auftraggeber abzusprechen ob und wie weitere Schritte in diese Richtung vorgenommen werden sollen.

Position 4-1

Potenzial -Erdwärmesonden für den Standort

Basierend auf den in Position 1 bis 3 ermittelten Daten erfolgt eine Grobdimensionierung mit Abschätzung der erforderlichen bzw. potenziell platzierbaren Erdwärmesonden für den prognostizierten Wärmebedarf. Hierbei sind am Markt etablierte technische Lösungen zu betrachten.

Hinweis: Aktuell sind für Erdwärmesonden bis in Tiefen von 300m als marktreife, fertig konfektionierte Systeme verfügbar.

Es ist eine Potenzialerschließung und Vordimensionierung durchzuführen, bei der gängige Simulationssoftware eingesetzt werden kann. Unter Berücksichtigung der vom Auftraggeber genannten Rahmenbedingungen, sind die langfristig nutzbare Heiz- und Kühlleistung für Erdwärmesondenlösungen zu ermitteln. Diese Berechnungen sind schrittweise vorzunehmen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Hier gilt es über den prognostizierten Heizwärmebedarf die maximal benötigten Sondenmeter zu ermitteln. Von diesem Maximalszenario ausgehend, sind iterativ Berechnungen für

mindestens zwei verschiedene Sondertiefen durchzuführen, die technisch sinnvollen Bohrtiefen für bestimmte am Markt verfügbare Sondentypen entsprechen. Daraus ergeben sich die Sondenzahlen und Platzbedarfe für den prognostizierten Heizwärmebedarf. Es ist zudem in weiteren Berechnungen der Einfluss unterschiedlicher Betriebsführungen zu untersuchen (Grundlastvariante, passive und aktive Regeneration). Anhand dieser Rechnungen ist zu betrachten, wie die Zahl der Sonden bzw. der erforderlichen Bohrmeter durch die Betriebsführung reduziert werden kann bzw. welche Einsparpotenziale durch Regeneration erzielt werden können. Die Ergebnisse der Berechnungen sind auszuwerten und tabellarisch und grafisch zusammenzufassen.

Die den Berechnungen zugrunde liegenden Bedarfsprofile sind mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Mit der oben aufgeführten Potenzialanalyse wird ermittelt wie viele Wärmeübertrager für welche Bedarfe platziert werden müssten. Die Berechnungen hat unter Berücksichtigung der von den Behörden geforderten Einhaltung der Minimumtemperaturen im Fluidkreislauf für einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren zu erfolgen.

Position 4-2

Thermische Auswirkungen auf den Untergrund

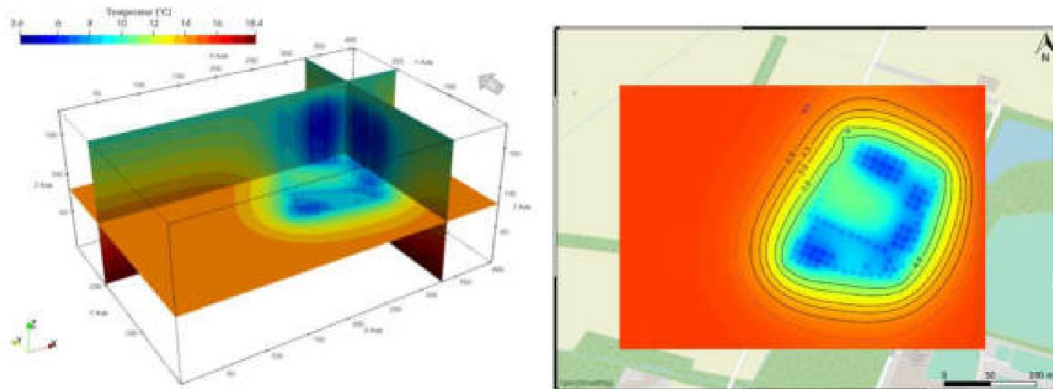
Zur Vorabprüfung der Genehmigungsfähigkeit hinsichtlich der Temperaturentwicklungen auf den Untergrund wird eine thermisch-hydraulische Simulation für das Gebiet der Liegenschaft erstellt.

Hier wird die thermische Belastung des Untergrundes und angrenzender Grundstücke in Folge eines langjährigen Betriebes geprüft. Für die angefragte Gesamtentwicklungsplanung sind die summierten thermischen Lasten aller Wärmeübertrager für eine geplante Endausbautiefe und deren thermische Auswirkung (Maximalprint) auf den Untergrund und die Umgebung zu betrachten. Wenn die Positionen möglicher Sondenfelder noch nicht vorliegen und Lastgänge noch nicht bekannt sind, sind generische Modelle mit vereinfachten Feldgeometrien und standardisierten Lastgängen zur Untersuchung heranzuziehen. Für diese können dann Berechnungen zur Ausbreitung der Temperaturfahnen durchgeführt werden (Vermeidung Beeinflussung von Nachbargrundstücken).

Unter Berücksichtigung vorliegender Untergrundgeometrien werden die durch die Sondenfelder erzeugten Temperaturänderungen im Untergrund dreidimensional berechnet und dargestellt. Basierend auf der geologischen Vorstudie ist im ersten Schritt ein Untergrundmodell zu erstellen und thermisch und hydraulisch zu parametrisieren, wobei dies in Kommunikation mit den zuständigen Genehmigungsbehörden erfolgt.

Werden seitens der genehmigungsrelevanten Stellen andere Vorgaben zur Abbildung der Geometrie gemacht, sind diese zu berücksichtigen.

Die numerischen Simulationsberechnungen ermöglichen eine Visualisierung der Temperaturveränderungen durch geothermische Wärmeübertrager im kurz- und langfristigen Betrieb. Es sind zunächst Simulationsrechnungen für die aktuell identifizierten Bedarfe durchzuführen mit einem generischen Ansatz (vereinfachte Feldgeometrie, standardisiertes Lastprofil). Die Berechnungen sind analog zu Pos. 4-1 über einen Zeitraum von bis zu 50 Jahren durchzuführen. Über diese Simulationsrechnung kann die Temperaturentwicklung auf den Untergrund eingeordnet werden. Im Ergebnis wird ersichtlich mit welchen Abständen zur Grundstücksgrenze zu planen ist.



Beispiele für die Ergebnisse von Simulationsrechnungen; hier Temperatureffekt nach 50 Jahren Betrieb zum Ende der Heizperiode

Position 4-3

Potenzial – Brunnenanlagen für den Standort (optionale Position)

Basierend auf den Bedarfszahlen und den erarbeiteten Erkenntnissen der hydrologischen Vorstudie wird das Potenzial von Brunnenlösungen ermittelt. Ziel ist eine Abschätzung einer erforderlichen Brunnendimensionierung hinsichtlich Tiefe und Ausbaudurchmesser sowie der erforderlichen Anzahl an Brunnen. Betrachtet werden hier Brunnen für Tiefen, die innerhalb einer wasserrechtlichen Genehmigungsfähigkeit liegen.

Im ersten Schritt sind mögliche erzielbare Leistungen und Energiemengen für den Heizfall für definierte Pumpenraten abzuschätzen unter Berücksichtigung der vorliegenden Grundwassertemperaturen am Standort und der genehmigungsfähigen Temperaturlimits hinsichtlich des in den Aquifer rückgeführten Wassers. Aus den möglichen Temperaturspreizungen, möglichen Pumpraten und den zu erwartenden COPs der Wärmepumpe sind die geothermisch erzielbaren Leistungen und Energiemengen zu berechnen und in Bezug zum prognostizierten Bedarfsverhalten zu setzen.

Hierfür ist zunächst anzunehmen, dass die Grundwassernutzung ausschließlich zur Wärmezeugung über Wärmepumpe erfolgt und über den Saugbrunnen Wässer mit weitgehend gleichbleibender Temperatur der/den Wärmepumpen zugeführt werden. Abstände und Ausrichtung der Brunnenpositionen sind in diesem Fall anhand der verfügbaren hydrologischen Daten wie Abstandsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung grob zu definieren, um Beeinflussungen der Rückklufttemperaturen durch thermische Durchbrüche/Temperaturfahnen zu vermeiden. Mit diesem Schritt ist in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde die prinzipielle Eignung der Standorte für eine Wasser/Wasser-Anlage zu prüfen.

Position 5

Grobkostenschätzung und Bewertung mit Handlungsempfehlung

Abschließend erfolgt eine Abschätzung der aufzuwendenden Investitionen für die Erstellung einer geothermischen Anlage zum angefragten Standort und für die verschiedenen Szenarien hinsichtlich der weiteren Planungsphasen bis zur Ausführung. Dies beinhaltet geschätzte Kosten für die Bohrungen (Probebohrung und Feld), erforderliche Messungen und Tests (Thermal Response Test; Bohrlochmessungen, Pumpstest) sowie Kosten für weitere erforderliche Planungsleistungen der Vor-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung.

Aus der Bewertung aller zusammengetragener Ergebnisse ist eine Handlungsempfehlung für den Standort abzuleiten.

Zusammenfassung der wichtigsten Untersuchungsgegenstände

Die vorangegangenen Ausführungen zu den einzelnen Positionen sollen zum Verständnis beitragen, welche Punkte in der Studie betrachtet werden können. Sie sind nicht erschöpfend und die Inhalte müssen auch nicht eins zu eins in Angeboten zur Durchführung einer geothermischen Voruntersuchung aufgeführt sein.

Die entscheidendsten Punkte für eine Voruntersuchung sind:

- Beschreibung und Bewertung der vorliegenden Geologie und Hydrologie des Untergrundes
- Ermittlung geothermisch und hydrologisch relevanter Parameter (Wärmeleitfähigkeit, Temperatur, Grundwasserbeschaffenheit etc.)
- Potenzialanalyse von offen und geschlossenen Systemen für das Gebiet der Liegenschaft bis 400 m Tiefe
- Diskussion der Vor- und Nachteile offener und geschlossener Systeme am Standort
- Aufzeigung und Bewertung von mitteltiefen Geothermie-Potenzialen (> 400 m) bei Hinweisen hierauf
- Prüfung der Genehmigungsfähigkeit durch Kommunikation mit entsprechenden Behörden und weiteren Akteuren
- Recherche zur Möglichkeit der Nutzung offener und geschlossener Systeme vor Ort und dabei Ermittlung von Restriktionen u.a. besonders die Bohrtiefenbegrenzungen
- Simulation eines Erdwärmesondensystems und Ermittlung entziehbarer Wärmemenge
 - Grobdimensionierung des Systems über prognostizierten Heizwärmebedarf, dabei Ermittlung der maximalen Sondentiefe
 - Variation der Sondentiefe (unter Berücksichtigung einer im Gebiet, falls zuvor ermittelt, maximal zulässigen Bohrtiefe) und Ermittlung der Auswirkung auf die Sondenzahlen und dem resultierenden Flächenbedarf
 - Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Betriebsführungen (Grundlastvariante, passive und aktive Regeneration) auf das System
 - Temperaturentwicklungen auf den Untergrund nach 50 Jahren

Bei zuvor ermitteltem Potenzial und Feststellung der prinzipiellen Machbarkeit von Brunnenlösungen am Standort sind zudem folgende Punkte zu untersuchen:

- Abschätzung einer erforderlichen Dimensionierung (Tiefe, Ausbaudurchmesser, Anzahl der Brunnen)
- Grobe Definition der Abstände und Ausrichtungen der Brunnenpositionen anhand der hydrologischen Daten
- Prüfung der prinzipiellen Eignung des Standortes durch Abstimmung mit der wasserrechtlichen Genehmigungsbehörde
- Grobkostenschätzung, Bewertung der Ergebnisse und Handlungsempfehlung

Anhand der aus der geothermischen Voruntersuchung gewonnenen Erkenntnisse kann die generelle Eignung des Standortes zur Nutzung von Geothermie beurteilt werden. Bei vorherrschendem theoretischem Potenzial sind im nächsten Schritt über weitere Tests (TRT) und explorative Untersuchungen (Probeproduktionen) die getroffenen Aussagen und Prognosen zu bestätigen.

Bei vorliegendem mitteltiefen Geothermie-Potenziale ist auch über die Nutzung dieser Energiequelle zu diskutieren und abzuwägen inwieweit diese berücksichtigt werden sollen. Dabei

spielen die erforderlichen Wärmemengen und Temperaturen, die Genehmigungsfähigkeit, aber auch das Platzangebot für die Sonden auf der Liegenschaft eine maßgebende Rolle. Daher sollte bereits bei Hinweisen auf mitteltiefe Potenziale entschieden werden, ob auch die Nutzung dieser Energiequelle in der Voruntersuchung eingehender untersucht und bewertet werden soll.

Mit gesicherten Aussagen zu den vor Ort entziehbaren geothermischen Wärmemengen und Temperaturen kann dann die Geothermie als verlässlicher, regenerativer Teil mit in die zukünftigen Wärmeversorgung der Liegenschaften eingeplant werden.

Weitere Informationen:

Informationen zur Oberflächennahen Geothermie

[Bundesverband Geothermie: Oberflächennahe Geothermie](#)

Webseite der Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands

[InfoGeo - Startseite](#)

Bundesverband Geothermie

[Bundesverband Geothermie: Nachrichten](#)

Geothermisches Informationssystem

[GeotIS - Geothermisches Informationssystem für Deutschland](#)