

Forschungsberichtblatt BWPLUS

Sichere und effiziente Nutzung von Geothermie in Baden- Württemberg SENG-LFZG

von

Frank Schilling, Birgit Müller und Ernst Kiefer

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Angewandte Geowissenschaften (AGW) - Petrophysik

Förderkennzeichen: L75 20115 – SENG-LFZG

Laufzeit: 01.01.2020 – 31.12.2022

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre
Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

November 2023

FORSCHUNGSBERICHTSBLATT

1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Ziel des Vorhabens

Um die Nutzung der Geothermie in Baden-Württemberg effektiv voranzutreiben, sollte die Effizienz der Geothermie-Nutzung weiter gesteigert, von Projekten aus Nachbarländern gelernt und die Sicherheit der Anlagen weiter erhöht werden. Die Forschung im SENG-LFZG Vorhaben zielte auf grundlegende wissenschaftliche Fragen ab, die eine effizientere Nutzung der Technologie ermöglichen, sowie einen sicheren und nachhaltigen Betrieb sicherstellen helfen. Ein Schwerpunkt bildete der Transfer der Ergebnisse, insbesondere durch die Kommunikation und den Austausch mit Bürgern, Entscheidungsträgern und Behörden. Wesentliche bearbeitete Fragestellungen und erzielte Ergebnisse sind:

- **Fragen- und Antworten-Katalog** zur Tiefen Geothermie (www.lfzg.de → FAQ) in Zusammenarbeit mit verschiedensten Stakeholdern wurde ein qualitätsgesicherter Fragen- und Antworten-Katalog erarbeitet und gedruckt. Dieser Beitrag zur Road Map Tiefe Geothermie in Baden-Württemberg ist bereits in der dritten Auflage erschienen.

Für den Erfolg der Wärmewende ist neben einer Akzeptabilität auch eine hinreichende Akzeptanz in der Bevölkerung eine Grundvoraussetzung. In Bezug zur Tiefen Geothermie werden viele Informationen gewünscht und ein berechtigtes Interesse zu den Auswirkungen im lokalen Umfeld geäußert. Dazu wurden die Fragen rund um die Tiefe Geothermie auf kommunalen Veranstaltungen und Presseterminen, von Bürgerinitiativen, Versorgern, Parteien, Verbänden und Trägern öffentlicher Belange gesammelt und fachlich fokussiert und mit den Stakeholdern diskutiert. Im Rahmen einer Förderung durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg hat das Landesforschungszentrum Geothermie den vorliegenden Fragen- und Antworten-Katalog erstellt.

Dazu wurde ein Arbeitskreis aus Expertinnen und Experten eingerichtet, der sich wiederholt ausgetauscht hat, um Fragen zur Geothermie nach dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik möglichst verständlich zu beantworten.

Das Ergebnis dieser interdisziplinären Zusammenarbeit ist in einer Broschüre zusammengestellt: Antworten zu häufig gestellten Fragen zur Tiefen Geothermie (Frequently Asked Questions) sind in folgende Themenfelder organisiert:

1. Einleitung
2. Rolle und Chancen der Tiefen Geothermie in der Energiewende
3. Thermalwasserkreislauf und Schutz des Grundwassers
4. Hebung und Senkung der Erdoberfläche
5. Beeinflussung des Wasserdrucks im Untergrund aufgrund von Geothermie-Bohrungen
6. Seismizität
7. Wirtschaftlichkeit der Tiefen Geothermie
8. Auswirkungen von Geothermie-Projekten auf die natürliche und bebaute Umwelt
9. Versicherungen
10. Bergrechtliche Genehmigungsverfahren
11. Information der Öffentlichkeit, Bürgerbeteiligung
12. Beispiele für aufgetretene Probleme bei Tiefen-Geothermie-Projekten
13. Schriftenverzeichnis
14. Glossar

- **Entwicklung von Potenzialkarten für die Geothermie in Baden-Württemberg**

Planung und Genehmigung tiefer Geothermiebohrungen erfordern detaillierte Vorkenntnisse des geologischen Untergrundes und dessen geophysikalische und petrophysikalische Parameter. Darauf aufbauend lassen sich vor Investitionsentscheidungen die Geothermiepotenziale modellieren und Vorprofile für Injektions- und Förderbohrungen oder Sondenfelder und Untergrundspeicher entwickeln.

Der geologische Untergrund des Bundeslandes Baden-Württemberg ist durch ein breites Spektrum groß- und kleinräumiger Untergrundstrukturen gekennzeichnet. Trotzdem ist der Erkundungsstand durch die mehr als 200-jährige Landeskartierung, die Kohlenwasserstoffexploration und die Grundwassererschließung vergleichsweise hoch, so dass für nahezu jeden Punkt in Baden-Württemberg ein geologisch-geothermisches Profil abgeschätzt werden kann. Um künftige Geothermievorhaben schneller entwickeln und umzusetzen zu können, sollen die geologisch-geophysikalischen Daten rasch in vergleichbaren Formaten und für einen breiten Anwenderkreis verfügbar gemacht werden.

Dazu entwickelt das LFZG ein GIS-System, das auf der geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25.000 und dessen Erläuterungen basiert. Die 306 Blätter werden mit einem skalierbaren Raster untergliedert, das auf eine Datenbank zurückgreift. In dieser sind neben den stratigraphischen Profilen auch wesentliche geothermische Parameter, sowie Informationen zur Reservoir-Geologie und dem Spannungsfeld abgelegt. Über eine Online-Oberfläche soll es künftig für jeden möglich sein, für einen beliebigen Punkt in Baden-Württemberg eine geologisch-geothermische Vorstudie zu erstellen.

- **Geomechanische Untersuchungen – induzierte Seismizität**

Eine zentrale Frage bei der Nutzung der Tiefen Geothermie ist das Auftreten von induzierter Seismizität. Damit auch weiterhin Geothermie-Vorhaben in Baden-Württemberg sicher und ohne Strukturschäden an Gebäuden durch induzierte Seismizität durchgeführt werden können, wurden verschiedene Vorhaben in der Region detaillierter betrachtet (Vendenheim (F), Rittershoffen (F) und Insheim) und die in Baden-Württemberg eingesetzte bergbehördliche Herangehensweise überprüft. Zudem wurden internationale, vergleichende Studien zur Geothermie, aber auch die Erfahrungen aus benachbarten geotechnischen Themen (Gasspeicherung) ausgewertet. Darüber hinaus wurden erste Modellierungen für den Schwarzwald durchgeführt, um sicherzustellen, dass beim Bau und Betrieb potenzieller Untertage-Labore eine Gefährdung von (Heil-) Quellen und Trinkwasserhorizonten vermieden wird. Die wesentlichen Ergebnisse sind:

- Ein Vorhaben wie in Vendenheim wäre in Baden-Württemberg so mutmaßlich nicht genehmigungsfähig gewesen.
- Die Ampelschaltung hat in allen Fällen ausreichend funktioniert; wird jedoch eine rote Ampel öfter missachtet, kann es zu unerwünscht starken, auch Schaden verursachenden Erdbeben kommen.
- Erfolgreiche Geothermie-Projekte weltweit zeichnen sich durch eine hohe Injektivität (und Produktivität) aus. Bei Nutzung eines geschlossenen Kreislaufes in solch durchlässigen Systemen, müssen in hydrothermalen Geothermievorhaben keine seismischen Ereignisse erwartet werden, die zu Strukturschäden führen. Dies gilt, wenn ein angepasster Injektionsdruck genutzt wird.
- Die vergleichenden Studien und begleitende geomechanische Berechnungen deuten darauf hin, dass ein Injektionsdruck von $< +20$ bar und $< +15$ % des initialen hydrostatischen Druckes in der Formation nicht überschritten werden sollten.
- Die sicherere Nutzung des kristallinen Untergrundes z.B. bei Enhanced Geothermal Systems/Engineered Geothermal Systems (EGS) kann als eine der großen und entscheidenden Fragestellung betrachtet werden, die für einen

langfristigen Erfolg der Tiefen Geothermie wesentlich sind. Damit könnte auch an Orten Tiefe Geothermie möglich werden, die bisher nicht zielführend erschlossen werden können. Deshalb werden in verschiedenen Ländern Untertage-Labore betrieben bzw. aufgebaut (z.B. Schweiz – Bredetto-Tunnel [Bedretto | Scope \(ethz.ch\)](#) und in USA – Geothermie-Untertage-Labor FORGE ([FORGE | Department of Energy](#))). Die ersten Modellierungen zeigen, dass ähnlich wie beim US-geförderten Geothermie-Untertage-Labor FORGE ([FORGE | Department of Energy](#)), entsprechende Untertage-Labore möglichst tief unterhalb einer Talsohle angesiedelt werden sollten, um ein geologisches Stressfeld zu nutzen welches auf Tiefengeothermievorhaben übertragbar ist.

- **Bohrlochmessungen (Logging-Einheit)**

Mithilfe der Vorhabensförderung SENG-LFZG und der Förderung aus anderen Vorhaben (z.B. BMBF Verbundvorhaben DAMAST, RMS-RED) konnten verschiedene Slim-Hole-Tools zur Vermessung von Bohrlöchern und die dazu notwendige Peripherie beschafft werden. Damit steht nun im Land ein Satz modernster Logging-Tools zur Verfügung, die bei Forschungsvorhaben genutzt werden können. In einer Bohrung in Bad Saulgau (GB2) konnten die Tools erfolgreich getestet und eingesetzt werden. Unter anderem konnte ein relativ hoher Temperaturgradient festgestellt werden.

Die Summe der Ergebnisse kann helfen, einen sichereren Betrieb zu gewährleisten, die Effizienz zu erhöhen und die Akzeptabilität der Geothermie als zukunftsfähige Energieversorgung zu steigern. Darüber hinaus wurden Transfer-Aktivitäten durchgeführt, z.B.:

- Öffentliche Vorträge und Podiumsdiskussionen (i.d.R. auf Anfrage durch Bürgermeister bzw. Abgeordnete)
- Unterstützungs- und Beratungstätigkeit (Kommunen, Behörden, Landesregierung)
- Jährlicher Stand und Vorträge auf der Messe „GeoTHERM“ in Offenburg
- Energiewendetag Baden-Württemberg: Auf den Öffentlichkeitsveranstaltungen der baden-württembergischen Energiewendetag in Stuttgart und Karlsruhe war das LFZG mit einem Stand aktiv.

Darüber hinaus wurden auch Forschungsaktivitäten angestoßen, z.B. Initiative für das BMWK geförderte Verbundvorhaben GoEffective.

2. **Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?**

Die Wissenschaft hat grundlegende Daten (Potenzialkarten, Charakterisierung der Nutzungshorizonte) gewonnen und durch die Forschungsergebnisse auch weitere Zusammenhänge insbesondere im Hinblick auf die induzierte Seismizität erkannt. Dies kann und soll für die Auslegung neuer Anlagen genutzt werden, um wissenschaftsbasiert die Nutzungsmöglichkeiten zu erweitern und gleichzeitig die Gefährdungen zu reduzieren.

Fortschritte ergaben sich im technischen Bereich, da aufgrund der Potenzialkarten, die Technologie der geothermischen Nutzung auf die regionalen Gegebenheiten einfacher angepasst werden kann. Dies unterstützt somit die Strategie der Wärmewende.

3. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

- **Fragen und Antwortkatalog**

Für den Erfolg der Wärmewende ist neben einer Akzeptabilität auch eine hinreichende Akzeptanz in der Bevölkerung eine Grundvoraussetzung. In Bezug zur Tiefen Geothermie werden oft vertiefende Informationen gewünscht und ein berechtigtes Interesse zu den Auswirkungen im lokalen Umfeld geäußert. Die im FAQ Tiefe Geothermie zusammengestellten Antworten auf Fragen rund um die Tiefe Geothermie können für kommunalen Veranstaltungen, Presseanfragen, von Bürgerinitiativen, Versorgern, Parteien, Verbänden und Trägern öffentlicher Belange genutzt werden. Damit steht eine fachlich fokussierte und qualitätsgesicherte Broschüre für das Land zur Verfügung.

- **Entwicklung von Potenzialkarten für die Geothermie in Baden-Württemberg**

Diese Potenzialkarten sind die Grundlage, um die Möglichkeiten zur Nutzung der Geothermie in Abhängigkeit von der Region für z.B. für Stadtwerke darzulegen. Derzeit bestehen noch sehr heterogene Erwartungen im Hinblick auf die geothermische Nutzung. Mit Hilfe der Karten kann relativ einfach erklärt werden, welche geothermische Nutzung überhaupt in Frage kommt.

- **Geomechanische Untersuchungen – induzierte Seismizität**

Aus den Untersuchungen zur induzierten Seismizität können in den zukünftigen Geothermievorhaben die Randbedingungen für z.B. Injektionsraten bzw. Drücke vorab besser eingegrenzt werden.

- **Bohrlochmessungen**

Die Temperaturmessungen in der Bohrung Bad Saulgau GB2 führten dazu, dass in der aktuellen Konzeption der Wärmeversorgung der Stadt Bad Saulgau die Einbindung der Bohrung z.B. über eine Tiefe Erdwärmesonde vorgesehen ist. Dazu dienen die Messungen der Temperatur mit Hilfe der Bohrlochmesswerkzeuge. Die Vermessungen des Bohrloch-Casings (Verrohrung) wird noch ausgewertet.

4. Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

Die Projektergebnisse können auch im Hinblick auf weitere Nutzungen des Untergrunds angewendet werden:

Als projektfremde Anwendung ist die Nutzung der geomechanischen Untersuchungen auf die geologische CO₂-Speicherung und die Untertage-Speicherung von Wasserstoff, aber auch klassisch von Erdgas anzusehen. Dazu gehört zudem die Nutzung für die Lagerung belasteter Abfälle. Insbesondere die petrophysikalischen Parameter und die Untersuchungen zur Seismizität sind in diesem Zusammenhang von großem und grundsätzlichem Nutzen.

In all den Anwendungen gilt es, induzierte Seismizität zu verringern, bzw. zumindest auf nicht schadensrelevante Ereignisse zu reduzieren. Dazu können die vorgestellten Ergebnisse genutzt werden.

Die Bohrlochmessungen ergänzen die geologische Landesaufnahme und erlauben eine detailliertere Planung z.B. zur Integration von Altbohrungen in lokale Wärmenetze.