

Forschungsbericht BWPLUS

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

Teilbericht 1: Schwerpunkt Information von Öffentlichkeit und Entscheidungsträgern

von

Prof. Dr. Frank R. Schilling, Dr. Birgit Müller, PD Dr. Ernst Kiefer

Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Angewandte Geowissenschaften,
Professur für Technische 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

Dezember 2023



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	3
2. Ergebnisse	4
2.1. Koordination der Forschung zur Verbesserung der technischen Aspekte.....	4
2.1.1 Mitwirkung in der Ausgestaltung von Anträgen der Projektpartner zur Geothermie auch über das LFZG hinaus (z.B. bei BMBF, BMWi/BMWK).	5
2.2. Verbesserung des geowissenschaftlichen Wissens in der Gesellschaft.....	7
2.3. Fundierte Information und Unterstützung von Behörden und politischen Entscheidungsträgern.....	11
Beiträge zur Road Map Tiefe Geothermie.....	15
2.4. Schulung und Sensibilisierung für Qualitätssicherung	16
2.5. Unabhängige Beratung und Begleitung bspw. der Kommunen	17
Messen	18
Schulen	20
Lehrmaterial für Schüler:.....	22
3. Forschungstransfer.....	23
Aufbau und Nutzung einer Logging-Einheit – Kooperation mit Stadtwerken Bad Saulgau	23
Transferaktivität in Bad Saulgau.....	25
4. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	30
5. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse	30
Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen	30
Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen.....	30
6. Referenzen aus der Arbeitsgruppe zu den Themen:	30
Publikationen (peer review)	30
Tagungsbeiträge	32

1. Zusammenfassung

Kurzbeschreibung des beantragten Projekts

Um die Nutzung der Geothermie in Baden-Württemberg effektiv voranzutreiben, muss die Effizienz weiter gesteigert, von Projekten aus Nachbarländern gelernt und die Sicherheit der Anlagen weiter erhöht werden. Das SENG-LFZG Projekt zielt auf eine breite Bereitschaft in der Bevölkerung, die Geothermie als zukunftsfähige Energieversorgung anzunehmen (Akzeptabilität) durch:

- Koordination der Forschung zur Verbesserung der technischen Aspekte.
- Übertragung der Erkenntnisse und Erfahrungen aus anderen Ländern/Regionen
- Fundierte Information und Unterstützung von Behörden und politischen Entscheidungsträgern.
- Schulung und Sensibilisierung für Qualitätssicherung für die Umsetzung von Vorhaben.
- Unabhängige Beratung und Begleitung bspw. der Kommunen bei Vorhaben der tiefen Geothermie (z.B. Bürgeranhörungen etc.), mit einer frühzeitigen Einbindung der betroffenen Bevölkerung, um die Qualität und Akzeptabilität der Vorhaben zu erhöhen. Dabei soll sich das LFZG als unabhängige Einrichtung auf die Aufgaben einer wissenschaftsadäquaten Kommunikation konzentrieren.
- Verbesserung des geowissenschaftlichen Wissens in der Gesellschaft, um bei Projekten die Entscheidungsfindung zu erleichtern inkl. Bereitstellung wissenschaftsbasierte Information für die Risikowahrnehmung.

Aus den aktuellen Bedürfnissen zur Steigerung der Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Effizienz von Bohrprojekten und Projekten der tiefen und oberflächennaher Geothermie wurden Themen für Workshops/Summer Schools oder Schulungen identifiziert, Referenten gefunden und geeignete Veranstaltungen organisiert.

Diese Ergebnisse können 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.:

- Die Aktivitäten zur Road Map Tiefe Geothermie, insbesondere ein qualitätsgeprüfter Fragen und Antworten-Katalog (www.lfzg.de → FAQ), der in Zusammenarbeit mit verschiedensten Stakeholdern erarbeitet wurde.
- Öffentliche Vorträge und Podiumsdiskussionen (i.d.R. auf Anfrage durch Bürgermeister bzw. Abgeordnete)
- Unterstützungs- und Beratungstätigkeit (Kommunen, Behörden, Landesregierung)
- Jährlicher Stand auf der Messe „Geotherm“ in Offenburg

Darüber hinaus wurden auch Forschungsaktivitäten angestoßen, z.B. Initiative für das Vorhaben GoEffective und in weiteren Vorhaben mitgewirkt (z.B. das BMWK geförderte Vorhaben QEWS+)

2. Ergebnisse

2.1. Koordination der Forschung zur Verbesserung der technischen Aspekte.

Es wurden jährlich Treffen aller in Baden-Württemberg im Bereich Geothermie aktiven Forschungseinrichtungen organisiert (Treffen des wiss. Beirates des LFZG) um sich über die aktuellen F&E Fragen auszutauschen, neue Themen zu diskutieren und die Forschungsaktivitäten zu verknüpfen.

Pandemiebedingt, konnten nicht alle Veranstaltungen durchgeführt werden.

Zur besseren Vernetzung waren immer wesentliche Stake-Holder zu den Treffen eingeladen.

Zusammenfassung der 20. Sitzung des LFZG-Beirats: Vorbereitung und Ausrichtung der Jahressitzung des Wissenschaftlichen Beirates des LFZG am 18.06.2020 als Online-Konferenz. Neben der Darstellung der Aktivitäten wurden auch verschiedene Forschungsthemen vorgestellt:

- Antrag Oberflächennahe Geothermie – Moormann (Universität Stuttgart)
- Baryt Ausfällungen – Bucher (Universität Freiburg)
- Geothermie Pfullendorf – Kuhn (KIT)
- Lithiumgewinnung im Oberrheingraben – Grimmer (KIT)
- Road Map (Schilling LFZG)

Und aus den Normungs- und Richtlinienausschüssen sowie sonstigen FuE-Projekten im Land berichtet.

Zusammenfassung der 21. Sitzung des LFZG-Beirats: Schwerpunkte waren die laufenden Diskussionen über Chancen und Hindernisse für Geothermie-Projekte in BW, sowie konkrete Projektvorschläge zur Ausgestaltung der Road Map „Tiefe Geothermie“. Zwei praktische Projekte, Wärmenetze in Oberschwaben, sowie eine Gesamtpotenzialanalyse für Geothermie in Baden-Württemberg wurden und damit die Ausarbeitung von Projektskizzen befürwortet.

Zusammenfassung der 22. Sitzung des LFZG-Beirats: In Ergänzung zu den geplanten hydrothermalen Geothermie-Projekten sollte ein Statusbericht über die ATES-Systeme den Schwerpunkt der 22. Sitzung bilden. Hintergrund ist der extrem hohe Bedarf an Untertagespeicherkapazitäten für erneuerbare Energie in Deutschland und insbesondere in Baden-Württemberg. Nach dem LFZG-Tätigkeitsbericht referierten eingeladene Experten zum Stand der Forschung über ATES-Systeme.

Zusammenfassung der 23. Sitzung des LFZG-Beirats: Am Rande der GeoTHERM 2022 in Offenburg fand die 23. Sitzung des wissenschaftlichen Beirates des LFZG statt. Neben den routinemäßigen Tagesordnungspunkten lag der Schwerpunkt der Versammlung auf den Forschungsvorhaben, an welchen sich das LFZG beteiligen wird oder bereits federführend beteiligt ist. Zur Finanzierung weiterer Forschungsvorhaben wurden Förderanträge konzipiert und die Vorhaben in Form von Projektskizzen dem LFZG-Beirat vorgestellt.

Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der LFZG-Forschungsaktivitäten auf den Statuskolloquien präsentiert.

Da das **Statuskolloquium Umweltforschung** 2020 am KIT aufgrund der Corona-Pandemie als Präsenzveranstaltung ausfallen musste, wurde die Folgetagung 2021 am 6.7.2021 als virtuelle Veranstaltung ausgerichtet. Dazu stellte das LFZG unter dem Forum: **„Blitzlichter der Energiewende“** eine Präsentation mit den zentralen LFZG-Aktivitäten bereit, die an einem virtuellen Stand den zugeschalteten Tagungsteilnehmer-/innen vortragen wurde.

2.1.1 Mitwirkung in der Ausgestaltung von Anträgen der Projektpartner zur Geothermie auch über das LFZG hinaus (z.B. bei BMBF, BMWi/BMWK).

Erörterung von Forschungsvorhaben für mögliche, konkrete Geothermie-Projekte im Bereich des nordwestlichen Molassebeckens im Großraum Biberach, Pfullendorf, mit Prof. Koenigsdorff, Hochschule Biberach, ein Partnerinstitut des LFZG.

- Erfolgreiche Einwerbung eines BMWi/BMWK Verbundvorhabens QEWS Plus "Qualitätssteigerung oberflächennaher Geothermiesysteme" www.qewsplus.de mit Partnern des LFZG (Koordinator: Koenigsdorff Hochschule Biberach) beteiligte Verbundpartner aus dem LFZG: Hochschule Biberach, SOLITES, Eifer, KIT. Projektbeschreibung:
Die Erdwärmesonden-Technik und verwandte Systeme, werden heute in großem Umfang als Wärmequelle für erdgekoppelte Wärmepumpen zum Heizen, als Wärmesenke zur Kühlung und auch als thermische Energiespeicher zum Heizen, Kühlen oder kombinierten Heizen und Kühlen eingesetzt. Mit dieser großen Bandbreite an Anwendungen und dem besonderen Vorteil der witterungs- und saisonunabhängigen Verfügbarkeit können oberflächennahe Geothermiesysteme einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.
Im Verbundvorhaben QEWSplus werden wichtige Aspekte der Qualitätssicherung und -steigerung oberflächennaher geothermischer Systeme von der Auslegung und Planung über die Ausführung bis hin zur Inbetriebnahme untersucht und Lösungen entwickelt, aufbauend auf den Erkenntnissen aus dem Vorgängerprojekt, dem Forschungsverbundprojekt "QEWS II: Qualitätssicherung bei Erdwärmesonden II" (FKZ: 03ET1386A-G, www.qews2.de). Das Forschungsprojekt soll zum Abbau von Risiken, zur Reduzierung von Energiegestehungskosten, zur Steigerung der Effizienz- und Anlagenverfügbarkeit sowie zu einer größeren Bekanntheit und öffentlichen Akzeptanz dieser Technologien beitragen.
- Für die Nutzung geothermischer Energie in Quartiermaßstab, beispielsweise einer Innenstadt mit historischem Kern oder einem Schul- und Sportzentrum wurde von Prof. Koenigsdorff (HS Biberach) die Innenstadt von Biberach als Mustergebiet für ein Forschungsvorhaben „**Kommunale Wärmenetze am Beispiel der Stadt Biberach**“ für die gekoppelte Energienutzung aus Geothermie, Solarthermie, Biomasse und Wärme aus Oberflächengewässern vorgeschlagen. (Antrag bei BW+ gestellt – IGWN). Projektbeschreibung:
Für den Erfolg der Wärmewende wird es entscheidend sein, die Energie aus dem Untergrund gewinnbringend in moderne Wärmenetze zu integrieren. Lag der Forschungsfokus der vergangenen Jahre verstärkt auf der Optimierung und Realisierung einzelner geothermischer Technologien, wird für eine Realisierung der Wärmewende eine an den lokalen Gegebenheiten orientierte Integration der Geothermie in großem Maßstab wesentlich. Deshalb hat das beantragte Vorhaben „Innovative geothermische Wärmenetze“ (LFZG-IGWN) zum Ziel, einen zentralen Beitrag zur Entwicklung der Region Oberschwaben / nördliches Molassebecken als Modellregion für die Konzeption und den Betrieb von innovativen Wärmenetzen und anderen innovativen, nicht-individuellen geothermischen Wärmelösungen zu leisten. Dadurch sollen für die spezifischen Bedürfnisse der Region unter Berücksichtigung der speziellen geologischen Gegebenheiten und unter Einbeziehung der lokalen Stakeholder Vorzeigeprojekte entstehen, die beispielhaft die Möglichkeiten der Einbindung geothermischer Energie in moderne Wärmeversorgungs-lösungen aufzeigen und reflektieren. Dazu sollen vorhandene und neue Ansätze analysiert und verfügbar gemacht, Nachnutzungskonzepte untersucht, geothermischen Potenziale für die Region wissenschaftlich aufgezeigt und das Wissen für Projektplaner, Kommunen und Bürger aufbereitet und zur Verfügung gestellt werden

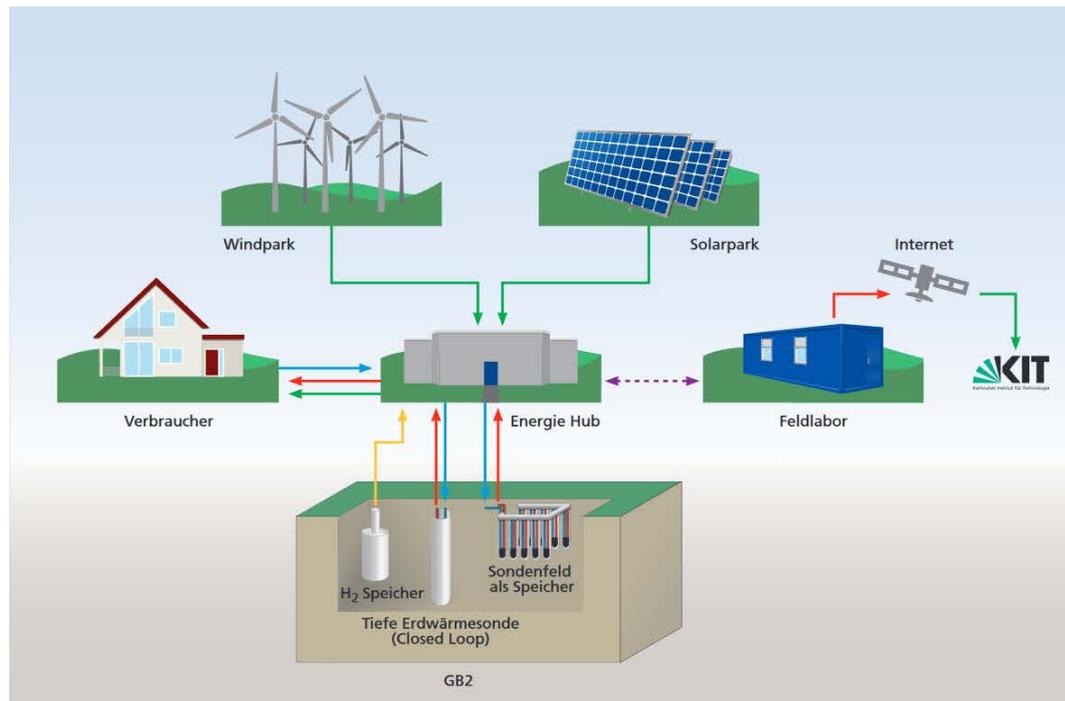


Abb. 1. Erdwärme-/Energienetzwerk – Feldlabor Bad Saulgau. Nach der Vision soll das Feldlabor im Modellmaßstab skalierbare Langzeitdaten aus einem Mini-Wärmenetz liefern, das aus einem geothermischen Grundlastträger (Tiefbohrung Saulgau GB2) und weiteren Energieträgern (Windkraft, PV) besteht. Die Daten sind Grundlage zur Planung größerer Quartierlösungen. Der innovative Ansatz ist die Optimierung von Bereitstellungs- und Verbrauchszyklen unter Berücksichtigung der Klimadaten über mehrere Jahre. Ein an das Internet gekoppelter Mess-Container soll die Zeitreihen der Sensoren sammeln und für Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen bereitstellen.

- Die Arbeitsgruppe Technische Petrophysik und die Geschäftsstelle des LFZG tragen schon seit Jahren zur World Stress Map (www.world-stress-map.org) bei. Diese bildet die Grundlage für geomechanische Betrachtungen, z.B. für die geothermische Nutzung des Untergrunds über Dublettensysteme oder Bergbaugeothermie oder auch Wärmespeicherung. Ein wesentlicher Parameter bei der geomechanischen Betrachtung ist neben dem Spannungsfeld auch der herrschende Porendruck. Wir waren daher bei der Entwicklung des Projekts GoEffective mitbeteiligt. Aus Kapazitätsgründen haben wir lediglich bei der Antragstellung unterstützt. Das zwischenzeitlich bewilligte Projekt soll dazu beitragen, die Risiken und Gestehungskosten tiefen-geothermischer Projekte in Deutschland zu verringern, indem erstmals Porendruck und somit minimale Effektivspannungen im Rahmen der World Stress Map zur Verfügung gestellt werden. Speziell für die Bohrplanung sind Porendruck und minimale Effektivspannung von zentraler Bedeutung, da sie das optimale Spülgewicht, die Rohrabsetzteufen und die Bohrlochstabilität definieren. In einem weiteren Schritt soll daher die neue Datenbank genutzt werden, um ein Bohrrisikomanagement-Toolkit zu entwickeln. Das Toolkit soll es ermöglichen unter Eingabe des Bohrstandorts und Bohrpfads automatisiert eine Vorhersage der minimalen Effektivspannung und Bohrlochstabilität zur Verfügung zu stellen. Die Verfügbarkeit einer Datenbank zu Porendruck und Effektivspannungen sowie die Bereitstellung eines Toolkits, das eine qualitativ hochwertige und standardisierte Vorhersage dieser Parameter erlaubt, wäre weltweit einzigartig und verschafft der Tiefen Geothermie in Deutschland sowohl sozioökonomische als auch sicherheitsrelevante Vorteile.

2.2. Verbesserung des geowissenschaftlichen Wissens in der Gesellschaft

Die Verbesserung des geowissenschaftlichen Wissens in der Gesellschaft soll helfen, um bei Projekten die Entscheidungsfindung auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse zu erleichtern. Dazu gehört u.A. Bereitstellung wissenschaftsbasierte Information für die Risikowahrnehmung, z.B. bei der Übertragung von Erkenntnissen und Erfahrungen bzgl. induzierte Seismizität

Beantwortung von Anfragen aus der Bevölkerung.

Presseanfragen:

- (1) Badische Neueste Nachricht (BNN)
- (2) Badische Zeitung (BZ)
- (3) Schwetzingener Zeitung
- (4) Rheinpfalz
- (5) Funk und Fernsehen

Schwerpunktt Themen waren **a)** Nutzen und Risiken der Tiefen Geothermie, **b)** Geothermie-Projekt „Graben-Neudorf“; **c)** zum Thema „Induzierte Seismizität“ sowie zu den aktuellen seismischen Ereignissen, ausgelöst durch die Test-Arbeiten an den elsässischen Geothermie-Graftwerken in Rittershoffen und Vendenheim, sowie ihre Auswirkungen auf den Ausbau der Tiefen Geothermie im badischen Teil des Oberrheingrabens.

Bürgeranfragen:

Eine Vielzahl von Anfragen aus der Bevölkerung wurden wissenschaftsbasiert beantwortet und das Informationsangebot erweitert (z.B. Homepage www.lfzg.de).

Anfertigung von Informationsmaterialien (Flyer, Roll-ups etc.): Text, Layout.

Roll-ups: Zur Vermittlung und Visualisierung komplexer, geotechnischer Sachverhalte im Bereich Geothermie setzt das LFZG auf didaktische Hilfsmittel, die auf Kongressen und Ausstellungen zum Einsatz kommen sollen: Broschüren, Flyer, „Kofferexperimente“ (z.B. Permeabilität, Porosität), Ausstellungsstücke (z.B. Gesteinswürfel) und Roll-ups. Zu folgenden Themen wurden Roll-ups entworfen und hergestellt:

- **Synergie für Geothermie:** Vorstellung der Partner des LFZG.
- **Auch Steine sind nicht ganz dicht:** Einführung in die Permeabilität von Gesteinen mit Einführung zu einem praktischen Tisch-Experiment, das vom LFZG für den mobilen Einsatz entwickelt wurde.
- **Nicht nur Schweizer Käse hat Löcher, sondern auch Steine:** Beschreibung der Porosität von Gesteinen und ihre geotechnische Nutzung; Einführung zu einem praktischen Tisch-Experiment, das vom LFZG für den mobilen Einsatz entwickelt wurde.
- **Wasser findet immer einen Weg:** Wasser in Gesteinen, Poren und Karsthohlräumen.
- **Wärme aus der Tiefe:** Gewinnung von Wärme und Strom aus tief liegenden Formationen der Erdkruste: Einführung in die Potenziale der Tiefen Geothermie.
- **Geothermie - Schritt für Schritt zur Wärmewende:** Rahmenbedingungen zur Nutzung der Erdwärme in Baden-Württemberg.
- **Baden-Württemberg – Quelle der Wärme:** Bäder und Thermen belegen das hohe Potenzial für die Nutzung geothermischer Energie im Lande.

Weitere Roll-ups zum Einsatz bei künftigen Kongressen und Ausstellungen befinden sich in der Planung bzw. im Skizzenstatus, was durch die Einrichtung des neuen Grafik-Design-Büros am LFZG erleichtert wird.

Abschluss des FAQ: Auf Initiative des UM konzentrierte sich das LFZG 2021 und 2022 auf die Beantwortung eines Katalogs der am häufigsten gestellten Fragen zur Tiefen Geothermie in Baden-Württemberg (Frequently Asked Questions = FAQ). Die meisten Fragen wurden bei Öffentlichkeitsveranstaltungen gesammelt und thematisch geordnet. Zahlreiche Fragen gingen aus den oft nicht korrekten Darstellungen von Bürgerinitiativen und Verbänden hervor, die teilweise im Web veröffentlicht wurden und zu einer missverständlichen Wahrnehmung in der Bevölkerung führten. Falsche und missverständliche Darstellung steigerten teilweise die Protesthaltung der Öffentlich vor Ort, was zu Verzögerungen in der Realisierung von Geothermie-Projekten führte. Daher wurde auf Einladung des UM und des LFZG eine Expertinnen-/Expertenkommission aufgestellt, die sich, nach Nachrichten untergliedert, auf die wissenschaftlich fundierte Bearbeitung konzentrierte. Zwischenergebnisse wurden jeweils in Unterarbeitsgruppen diskutiert und ausformuliert. Die Unterarbeitsgruppen konzentrierten sich auf folgende Hauptthemen:

- Einleitung
- Rolle und Chancen der Tiefen Geothermie in der Energiewende
- Thermalwasserkreislauf und Schutz des Grundwassers
- Hebung und Senkung der Erdoberfläche
- Beeinflussung des Wasserdrucks im Untergrund aufgrund von Geothermie-Bohrungen
- Seismizität
- Wirtschaftlichkeit der Tiefen Geothermie
- Auswirkungen von Geothermie-Projekten auf die natürliche und bebauten Umwelt
- Versicherungen
- Bergrechtliche Genehmigungsverfahren
- Information der Öffentlichkeit, Bürgerbeteiligung
- Beispiele für aufgetretene Probleme bei Tiefen Geothermie-Projekten
- Schriftenverzeichnis
- Glossar
- 09.11.2020: Eröffnungsveranstaltung zum FAQ Prozess; Diskussion zur Struktur des Prozesses.
17.11.2020: 2. Treffen der Arbeitsgruppe, Diskussion des Fragenkatalogs, Kategorisierung und Gründung der Unterarbeitsgruppen .
- Ende November 2020-Januar 2021: Separate Video-Konferenzen der Unterarbeitsgruppen
Erstellen eines Text-Dokuments nach einem Muster von Frau Prof. Stober
- 08.01.2021: Interne Diskussion im LFZG zum weiteren Vorgehen.
- 11.01.2021: Anfrage bei Herrn Dr. Heller, UM, zum Abschlussverfahren für den FAQ Prozess.
- 13.01.2021: Start des Projekts LFZG Website 2.0.
- Am 18.01.2021: Erstes Strategietreffen zum Abschlussverfahren für den FAQ Prozesses.

Unterarbeitsgruppen:

	Thema	Leitung
A	Rolle der Geothermie in der Energiewende	Prof. Stober Universität Freiburg
B	Thermalwasserkreislauf	Prof. Stober Universität Freiburg
C	Hebung und Senkung der Tagesoberfläche	Dr. Ernst Kiefer, LFZG, Karlsruhe
D	Druckbeaufschlagung und Spülungsverluste	Dr. Ernst Kiefer, LFZG, Karlsruhe
E	Seismizität	Dr. Birgit Müller, LFZG, Karlsruhe
F	Effizienz und Wirtschaftlichkeit	Dr. Ernst Kiefer, LFZG, Karlsruhe
G	Auswirkungen / natürliche und bebaute Umwelt	Dr. Ernst Kiefer, LFZG, Karlsruhe
H	Versicherungen	Dr. Birgit Müller, LFZG, Karlsruhe
J	Bürgerbeteiligung	Prof. Stober Universität Freiburg
K	Genehmigungsverfahren	Dr.-Ing. Axel Brasse, LGRB, Freiburg

Die Bearbeitung der Hauptthemen erfolgte nach guter wissenschaftlicher Praxis unter Verweis auf Forschungsergebnisse, belegt durch Primär- und Sekundärliteratur. Die Übersicht befindet sich im Schriftenverzeichnis. Ein angehängtes Glossar erklärt in einfacher Sprache die in den Texten verwendeten Fachausdrücke. Nach mehrfachen Reviews auch durch externe Geowissenschaftlern und Ingenieuren wurden die Textbausteine schrittweise auf der Homepage des LFZG veröffentlichte <https://www.lfzg.de/125.php>.

Nach der digitalen Veröffentlichung des FAQ wurden die Textbausteine mit einer umfangreichen Sammlung von Abbildungen und Grafiken ausgestattet, die zum Teil durch Frau Strauß bearbeitet und neu erstellt wurden. Danach erfolgte die Drucklegung des FAQ mit Endredaktion der grafischen Ausgabe und der Druck einer Startauflage von 500 Exemplaren. Da die 96-seitigen Farbbroschüren (Abb. 2) schnell vergriffen waren, wurde bereits in der 2. Jahreshälfte 2022 ein erster Nachdruck auf den Weg gebracht.

Die positiven Rückmeldungen zu diesem Werk und die große, auch internationale Nachfrage sind Belege dafür, dass der FAQ die öffentliche Information zum Thema Tiefe Geothermie deutlich vertieft und die Wahrnehmung dieser erneuerbaren Energieform deutlich verbessert hat. Ein weiterer Beleg dafür ist die veränderte und kompetentere Berichterstattung der Presse. Für die Autorinnen und Autoren hat sich aber auch gezeigt, dass man der Öffentlichkeit auch schwierige Sachverhalte zumuten kann, so dass zukünftig noch Potenziale für weitere, vertiefende Themen bestehen.

Handlungsleitfaden: Der FAQ handelt das bergrechtliche Genehmigungsverfahren für Geothermie-Projekte in sehr kompakter Form ab, da bereits 2017 vom LFZG die Broschüre: Tiefe Geothermie – Ein Handlungsleitfaden (Abb. 2) als gedruckte Ausgabe herausgegeben wurde. Im Handlungsleitfaden werden anhand eines Zeitstrahls die prinzipiellen Abläufe von der Planung bis zum Bau und Betrieb einer Geothermieanlage dargestellt. Bei Genehmigungen können weitere Prüfungen erforderlich sein, um die lokalen Gegebenheiten und den aktuellen Stand der Technik zu berücksichtigen.

Dieser Handlungsleitfaden wird seit seiner Veröffentlichung als quasi-Standard für das Bundesland Baden-Württemberg herangezogen und war schon seit längerer Zeit vergriffen. Ein Nachdruck war deshalb ebenfalls überfällig und wurde ebenfalls in der 2. Jahreshälfte 2022 vorbereitet.



Abb. 2: Titelseiten der Broschüre „Fragen und Antworten zu Tiefen Geothermie“ (links) und des Druckwerks: „Tiefe Geothermie – Ein Handlungsleitfaden“ (rechts). Beide Broschüren können beim LFZG in Karlsruhe bestellt werden.

Grafiken: In der zweiten Jahreshälfte 2020 richtete das LFZG eine Grafik-Design-Abteilung ein, da sich durch die zahlreichen Öffentlichkeitsveranstaltungen und die zusätzliche Herstellung gedruckter Informationen der Bedarf an professionellen Grafiken vervielfachte. Ab dem 01.09.2020 übernahm Frau Birgit Strauß als geprüfte Grafik-Designerin diese Aufgabe. Ihr Aufgabenfeld hat sich seitdem nochmals verbreitert:

- Grafik/Design: Umsetzung von Daten und Plots aus Modellierungs-Software-Umgebungen in professionelle Grafiken für Vorträge und Publikationen.
- Konzeption von Grafiken nach technisch-wissenschaftlichen Versuchen
- Digitale Bildverarbeitung
- Schrift- und Farb-Design
- Filmsequenzen
- Programmierung und Pflege der LFZG-Website
- Umsetzung von Print-Aufträgen, mit externen Dienstleistern, Vertragswesen und QC.
- Optik und Wahrnehmung des LFZG-Messestandes
- Herstellung von Unterrichtsgrafiken und Urkunden für die Sachverständigenschulung

Die Ansprüche an der verständlichen und optisch ansprechenden Darstellung wissenschaftlicher Inhalte steigt weiterhin an und zeigt aber auch Erfolge bei der öffentlichen Wahrnehmung. Das LFZG wird auch zukünftig bemühen, die Fachbereich zu stärken und die Außenwirkung zu steigern.

Homepage: Parallel mit der Entwicklung des FAQ erfolgte die Übernahme der LFZG-Home Page von der Hochschule Offenburg an das KIT. Pflege und Updates der Website war aus technischen und personellen Gründen nicht mehr möglich.



Abb. 3: Neue Homepage des LFZG. Die neu aufgebaute Homepage ist die zentrale Veröffentlichungsplattform des LFZG und beinhaltet als zentrale Elemente den FAQ in digitaler Form, die Kontaktadressen und einen Informationsbereich zur Unterstützung der Sachverständigenschulung.

Mit Unterstützung des KIT SCC (Scientific Computing Center) konnte die Domäne übernommen und mit Hilfe eines neuen Editors neu aufgebaut und an die heutigen technischen Standards angepasst werden. Die neue Entwicklungsumgebung ermöglicht der Grafik-Designerin Frau Strauß gewünschte Änderungen und Erweiterungen innerhalb weniger Stunden ohne externe Dienstleister zu realisieren. Damit können auch Neuigkeiten und tagesaktuelle Nachrichten auf der LFZG-Homepage veröffentlicht werden. Zusätzlich wurde ein Service-Bereich eingerichtet, über welchen sich Interessenten und Teilnehmenden an der Sachverständigenschulung informieren können.

2.3. Fundierte Information und Unterstützung von Behörden und politischen Entscheidungsträgern.

Es fand ein Austausch mit dem Landesamt für Geologie und Rohstoffe (LGRB) und dem Landratsamt Karlsruhe (Untere Wasserbehörde) statt. Dabei wurde z.B. im Rahmen von Amtshilfe das LGRB durch das LFZG unterstützt, siehe zum Beispiel die Stellungnahme zum seismischen Risiko in Graben-Neudorf.

Es fanden mehr als 20 Treffen mit Vertretern des Umweltministeriums des Landes Baden-Württemberg statt, um Veranstaltungen vorzubereiten, die Qualitätssicherung von Veröffentlichungen sicherzustellen und aktuelle Fragen (z.B. induzierte Seismizität Strasbourg F) zu beantworten. Dazu gehörte auch die aktive Unterstützung und Teilnahme am AK „Tiefe Geothermie“ des UM.

Es wurden Veranstaltungen verschiedener Fraktionen im Landtag durch Mitarbeitende des Landesforschungszentrum besucht und auf Workshops ein enger Austausch mit Entscheidungsträgern gepflegt.

Fachvorträge fanden auf zahlreichen Bürgerversammlungen auf Einladung von Bürgermeister(innen) aus Kommunen statt. Hintergrund sind Projekte der Tiefen Geothermie, die sich im Genehmigungsverfahren befinden und zu denen entsprechende Planungsunterlagen durch die jeweiligen Kommunen im Internet veröffentlicht wurden. Termine bei den Gemeinderatssitzungen aber auch von Seiten des Landratsamt Karlsruhe zu den Vorhaben in Graben Neudorf und Badenova (Freiburg und Umgebung), Rußheim, Dettenheim, Bruchsal, Ettlingen, Rastatt, Ulm, Bad Saulgau, Calw usw. wurden wahrgenommen.

Informationsveranstaltung für die Naturschutzverbände, Baden-Württemberg: Am 6. November 2020 fand ein vom LFZG organisierter Workshop mit den Naturschutzverbände in Baden-Württemberg statt. Ziel der Veranstaltung war die Erörterung von kritischen Gedanken der Naturschutzverbände gegenüber der Tiefen Geothermie und deren Auswirkungen auf die natürliche und bebaute Umwelt an der Tagesoberfläche und im bewirtschafteten Untergrund, beispielsweise im Bereich von Grundwasserschutzgebieten. Zur gezielten Vorbereitung der Veranstaltung wurden die Website von Bürgerinitiativen ausgewertet und die Inhalte und Aussagen auf ihre Belastbarkeit hin überprüft. Resultat der Auswertung war ein Katalog kritischer Aussagen, die auf verschiedenen Website immer wieder auftauchen. Zu den Aspekten wurden zusätzliche Recherchen angestellt und neue Grafiken zur Behebung von Missverständnissen angefertigt. Parallel zu der Einladung wurde den Naturschutzverbänden angeboten, eigene Fragen zu formulieren und Themenschwerpunkte zu benennen, die vom LFZG vorbereitet werden sollten. Die Veranstaltung für die Naturschutzverbände erfolgte als Video-Konferenz (unter orona-Bedingungen). Das LFZG präsentierte einen Übersichtsvortrag zum Thema „Potenziale und Risiken der Tiefen Geothermie“, wobei die vorab eingereichten Themenschwerpunkte der Naturschutzverbände bereits in die Präsentation eingearbeitet wurden. In der abschließenden Diskussion konnten die Teilnehmer noch vertiefende Fragen stellen. Diese wurden schriftlich festgehalten und nach der Veranstaltung schriftlich und grafisch beantwortet.

Zu folgenden Themen (die auf einer Abfrage bei den Naturschutzverbänden und der Auswertung der Fragen von Bürgerinitiativen beruhen) wurden Impulsvorträge bereitgestellt und die Themen mit den Vertreterinnen und Vertretern interessierter Naturschutzverbände des Landes diskutiert:

1. Treibhausgas-Minderungspotenzial in Baden-Württemberg
2. Auswirkungen der „Tiefen Geothermie“ auf Wasserhaushalt und Grundwasserleiter
3. Flächenverbrauch durch Geothermieranlagen
4. Einfluss von Geothermieranlagen auf Störungszonen (geopathogene Störungszonen)
5. Auswirkung von Bohrungen auf Störungszonen / Auslösewahrscheinlichkeit und Reduktion induzierter Seismizität / Petrothermale Tiefengeothermie Fracking versus Stimulation
6. Langfristige Nutzung geothermischer Energie: Abkühlung des Gesteinskörpers?
7. Radioaktivität in und um Geothermieranlagen
8. Umgang mit Bohrklein und Flowbacks

Geothermie Region Freiburg

Auf Einladung des Umweltamts der Stadt Freiburg im Breisgau (Frau Wirtz) beteiligte sich das LFZG an den Regionalkonferenzen.

Wesentliche Ergebnisse der Veranstaltung war neben dem großen, öffentlichen Interesse die Feststellung, dass die künftige Wärmeversorgung und die Energieversorgung über Wärmenetze den Vorrang vor der Gewinnung von Elektrizität aus Geothermie-Anlagen haben wird. Ein bereits erfolgreich laufendes Geothermie-Projekt aus der Schweiz (Riehen) kann dabei als Vorbild für ähnliche Projekte in Südbaden dienen. Die speziellen geologischen Verhältnisse in diesem Gebiet lassen die erfolgreiche Errichtung von hydrothermalen Geothermie-Kraftwerken als aussichtsreich erscheinen. Die Badenova legt einen Plan für die stufenweise Erkundung und Entwicklung geothermischer Ressourcen vor. Das LFZG steht den Gemeinden und Bürgern auch bei diesem Projekt für Bürgerinformationen zur Verfügung.

Umweltministerium

Das Umweltministerium wurde bei der Erstellung eines Flyers zur „Tiefen Geothermie“ durch das LFZG unterstützt (u.A. mehrere Abstimmungstreffen).

Vorträge / Podiumsdiskussionen zur Tiefen Geothermie (als Beispiel – Auswahl 2020).

- 14. 2.2020 Vortrag B. Müller auf Einladung der Bürgerstiftung in Lauffen am Neckar
- 22.9.2020 Schilling „Risiken und Chancen der Geothermie“, Gemeinderat Dettenheim – Einladung durch Bürgermeisterin
- 22.9.2020 Schilling „Risiken und Chancen der Geothermie“, Stay @ home (Online Veranstaltung / Podiumsdiskussion aus dem Rathaus Graben Neudorf) – Einladung durch Bürgermeister
- 29.9.2020 Schilling – Teilnehmer Podiumsdiskussion (Vertreter Bergbehörde, Bürgermeister, Vertreter Deutsche Erdwärme) im Rahmen einer öffentlichen Informationsveranstaltung – Einladung Bürgermeister Graben Neudorf
- 27.10.2020 Schilling „Energiewende in Deutschland: Kann der Boden unter unseren Füßen dazu beitragen?“, Öffentliche Veranstaltung in Graben Neudorf (Einladung SPD Landtagsabgeordnete)
- 11.12.2020 Schilling – Diskussionsveranstaltung im Herrenknecht Forum mit Vertretern aus Politik (Landtagsabgeordneter), Behörden und lokalen Energieversorgern.

Das LFZG veranstaltete gemeinsam mit dem Umweltministerium den 2020 angekündigten Workshop: **Ausbaupfad Geothermie 2021+**, der am 8.4.2021 vom LFZG als Online-Veranstaltung ausgerichtet wurde. Eingeladen waren neben den Vertreterinnen und Vertretern der Ministerien, Repräsentanten von Energieversorgern, von Projektentwicklern, von Klimaschutz- und Energieagenturen, dem Bundesverband Geothermie und LFZG-Projektpartnern. Ziel des Workshops war der Austausch über mögliche Ausbaupotenziale der Tiefen Geothermie in Baden-Württemberg bis 2030. Im Fokus standen mögliche Ausbaupfade, die in den nächsten Jahren auch realistisch realisierbar sind, die Rahmenbedingungen, die dazu notwendig wären und die Hindernisse, welche dem Ausbau entgegenstehen.

Kurzfassung der wichtigsten Ergebnisse: Der Anteil der Energiegewinnung in Baden-Württemberg aus der tiefen Geothermie ist bisher sehr gering und hat in den letzten Jahren kaum an Anteilen dazugewonnen. Trotz der vielversprechenden Ergebnisse aus den Geothermie-Anlagen in Pfullendorf, Weinheim und Bruchsal sind die technischen und wirtschaftlichen Risiken der hydrothermalen Geothermie in Baden-Württemberg noch nicht hinreichend bekannt. Zusätzlich wurde die öffentliche Akzeptanz dieser innovativen Energieform durch induzierte Erdbeben in elsässischen Geothermie-Kraftwerken, verstärkt durch die Aktivitäten von Presse und Bürgerinitiativen, weiter belastet. Durch die Pflicht eines seismischen Monitorings und eines Frühwarnsystems, sowie eine Bohrtiefenbegrenzung wurde auf baden-württembergischer Seite eine klare Abgrenzung zwischen der hydrothermalen Geothermie und den EGS-Konzepten auf französischer Seite, die bis ins Grundgebirge reichen geschaffen. Vor dem Hintergrund der Energie- und Klimaschutzziele bis 2030 sieht das UM die Wärme- Gewinnung vorrangig vor der Stromgewinnung. Die Projektentwickler bemängeln die langen Genehmigungsfristen und die Einschränkungen bei der Einspeisung in Wärmenetze, da noch zu viele industrielle (Ab)wärmeequellen kostengünstigere Energie liefern. Weitere Hindernisse sind die Ausschlussflächen in Form von Wasser- und Naturschutzgebieten, besonders im Oberrheingraben. Die unklaren EEG-Umlagen und die Risiken von Projektverzögerungen durch Klagen können die Wirtschaftlichkeit von Geothermie-Projekten in Frage stellen. Als hoffnungsvolle Signale auf der Roadmap wurden die deutliche Erhöhung der öffentlichen Akzeptanz durch frühe und massive Öffentlichkeitsarbeit und die Beschleunigung bergbaulicher Genehmigungsverfahren durch die qualitative Verbesserung der Anträge und Aufstockung des Fachpersonals in den Behörden gesehen. Als herausragendes, positives Beispiel wurde das Bundesland Bayern, insbesondere der Großraum

München genannt, wo bereits jetzt und mit wirtschaftlichem Erfolg tiefe Geothermie-Projekte entwickelt wurden. Das LFZG unterstrich, dass die Energiewende ohne signifikanten Ausbau der Untergrundspeicherkapazitäten nicht gelingen kann und im Zusammenhang mit der Entwicklung erneuerbarer Energien diskutiert werden muss.

Der Workshop zeigte auch auf, welchen Einfluss die künftige Aus- und Weiterbildung von Fachpersonal auf die Ausgestaltung und den zeitlichen Rahmen der Road Map hat. Daher muss der Ausbildung an Universitäten, Forschungseinrichtungen und Fachhochschulen sowie der Qualifizierung von technischem Personal mehr Aufmerksamkeit geschenkt und entsprechende Mittel bereitgestellt werden. Daher verstärkt das LFZG und seine Partner die Aktivitäten zur Aus- und Weiterbildung.

Kommunale Wärmeplanung und Workshops für die Stadtwerke: Das neu gefasste Klimaschutzgesetz regelt seit Oktober 2020 die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg. In diesem Rahmen sollen alle Kommunen in Baden-Württemberg einen Fahrplan für eine klimaneutrale Wärmeversorgung im Jahr 2050 erarbeiten. Da die Kommunen nach eigenen Angaben kaum Expertise auf dem Gebiet der Nutzung von Erdwärme aufweisen, organisierten das UM und das LFZG drei Workshops zu den regionalen geothermischen Potenzialen in Baden-Württemberg, sowie zu den Themen Erkundung, Tiefbohrtechnik und Grundwasserschutz. Die Workshops wurden von den eingeladenen Stadtwerken gut angenommen – einige der o.g. Anfragen sind das Resultat dieser Veranstaltungen und zeigen, dass die Workshops eine nachhaltige Wirkung erzeugt haben. Die Veranstaltungsreihe gliederte sich in drei regionale Schwerpunktgebiete:

Teil I: 08.06.2021, Baden-württembergischer Teil des Molassebeckens und Oberschwaben

Teil II: 30.09.2021, Oberrheingraben, nördlicher Teil (Mannheim, Heidelberg, Karlsruhe, Ettlingen)

Teil III: 06.10.2021, Oberrheingraben, südlicher Teil (Rastatt, Offenburg, Freiburg, Lörrach)

Schwerpunkte:

- Bedeutung der Geothermie in der Energiewende
- CO₂-Einsparpotenziale
- Energiewende und Untergrundspeicherung von erneuerbarer Energie
- Geothermisches Potenzial im jeweiligen Gebiet
- Geothermische Nutzungsfenster & Konzepte
- Datenquellen
- Geothermische Reservoirs im Tagesaufschluß
- Potenzialabschätzungen und Risiko-Analyse
- Projektplanung
- Seismische Exploration
- Tiefbohrtechnik, Bohrlochsicherung & Reservoir-Tests
- Konzepte für kommunale Energienetze

Die nachfolgenden Diskussionen konzentrierten sich überwiegend auf Fragen um die Reinhaltung der lokalen Grundwasser-Ressourcen, die potenziellen Auswirkungen einer induzierten Seismizität beim Abteufen und beim Nutzungsbetrieb von Geothermie-Bohrungen und mögliche Beeinträchtigungen von Natur und Bevölkerung während der Errichtungsphase und im Dauerbetrieb von Geothermie-Kraftwerken.

Wie von den Veranstaltern UM und LFZG beabsichtigt, entwickelten sich aus den Workshops zahlreiche Diskussionen zu speziellen Themen, die in Anfragen der einzelnen Kommunen und Stadtwerken mündeten (s.o.).

Beiträge zur Road Map Tiefe Geothermie

Die Roadmap/Ausbaupfad „Tiefe Geothermie“ des Umweltministeriums soll den konkreten Weg des Landes Baden-Württemberg zur Entwicklung der geothermischen Energiepotenziale bis zum kompletten Ausstieg aus der Steinkohlenutzung bis zum Jahr 2038 in groben Zügen festlegen. Die Nutzung der Geothermie als Wärmequelle und der Ausbau von Wärmenetzen soll dabei Vorrang vor der Stromerzeugung haben. Das LFZG bereitete gemeinsam mit dem Umweltministerium einen Workshop vor, auf dem die grundlegenden Aspekte der Weiterentwicklung der Roadmap „Tiefe Geothermie“ auch unter Beteiligung externer Experten diskutiert und festgelegt wurde.

Potenzialatlas Geothermie - Vorarbeiten.

Start mit einer Pilotstudie zur Potenzialanalyse künftiger Geothermiestandorte in Baden-Württemberg. Für die künftige Bewertung potenzieller Standorte für Geothermiekraftwerke soll ein weitgehend standardisiertes Bewertungsverfahren entwickelt werden.

Dazu wurde im Berichtszeitraum mit dem Aufbau eines digitalen Geo-Informationssystems auf der Plattform ESRI ArcGIS Pro begonnen (Dr. Kiefer). Ziel ist die Bereitstellung aller digitaler Karten-Layern, die zur Bestimmung optimaler Standorte für Geothermie-Anlagen in Baden-Württemberg erforderlich sind. Im Segment „Tagesoberfläche“ wurden bereits die Layer:

- (I) Topographie (digitales Geländemodell),
- (II) Gewässer (Flüsse und Seen),
- (III) Wasserschutzgebiete und
- (IV) Besiedlung

erstellt.

Beitrag zum AK Tiefe Geothermie 2021:

Zur Information der Öffentlichkeit und zur Unterstützung einer zielgerichteten Diskussion zwischen der Öffentlichkeit und Politik sowie Behörden im Rahmen der „Road Map“ formulierte das LFZG eine Reihe von Kernthesen zu folgenden Schlüsselthemen und belegt diese mit aktuellen Zahlen und Forschungsergebnissen:

- **Langfristige Strategie:** Die Energiewende muss von der letzten kWh hergedacht werden, um eine zielgerichtete Energiewende zu erreichen.
- **Energiespeicherung:** Problem der fehlenden Energiespeicher in Deutschland.
- **Rolle der Geothermie in Baden-Württemberg:** Bereits heute sparen mehr als 42900 Erdwärmesonden etwa 30 Mio. Liter Heizöl ein.
- **Vermeidung von Treibhausgasen:** Das LFZG verglich das Treibhausvermeidungspotenzial verschiedener, nicht-fossiler Energieträger und kommt zu dem Schluss, dass die Geothermie, Deponiegas und feste Biomasse (Holzpellets) das höchste Vermeidungspotenzial besitzen und die Nutzung dieser Energieträger sinnvoll ausgebaut werden sollte.
- **Flächenverbrauch von Geothermie-Kraftwerken:** Mit einer Statistik des LFZG lässt sich nachweisen, dass der Flächenbedarf für Geothermie-Anlagen im Vergleich mit anderen Kraftwerken zur erneuerbaren Energienutzung am geringsten ist. Bei Kraftwerken für fossile Brennstoffe werden bei Angaben meist die großen Lagerflächen für die Brennstoffe nicht berücksichtigt (insbesondere Kohle).
- **Grundwasserschutz:** Durch Darstellung von Tiefbohrverfahren und dem Ausbau von tiefen Bohrlöchern kann das LFZG zeigen, dass bei sachgemäßer Verrohrung und Zementation eine Beeinträchtigung des Grund-/Trinkwassers praktisch ausgeschlossen ist.

- **Radioaktivität:** In hydrogeothermalen Anlagen können geringe Mengen radioaktiver Stoffe aus tiefen Aquiferen an die Tagesoberfläche gelangen. Das LFZG zeigte die Stoffe und deren Gefährdungspotenziale auf und informierte über die Schutzmaßnahmen und Entsorgung.
- **Induzierte Seismizität:** Besondere Aufmerksamkeit widmete das LFZG dem Thema „induzierte Seismizität“, da diese das zentrale Gegenargument gegen die tiefe Geothermie ist. Im Dialog mit Serviceunternehmen (QCON), Wissenschaftlern aus Frankreich und der Bergdirektion wurde das seismische Monitoring- und Frühwarnsystem vorgebracht und der Öffentlichkeit vorgestellt.
- **Nachhaltigkeit:** Am Beispiel aktueller und historischer Daten von der Geothermie-Industrie im Pariser Becken kann aufgezeigt werden, dass auch einzelnen geothermische Reservoirs über Jahrzehnte nachhaltig geothermische Energie liefern, ohne dass man eine kritische Depletierung feststellen könnte.
- **Wärmenetze:** Die Nutzung der geothermischen Energie in Wärmenetzen erlaubt auch die Erschließung niedrig temperierter Aquifere, welche für die Erzeugung von Strom nicht geeignet sind. Die Entwicklung kommunaler Wärmenetze sieht das LFZG als Vehikel zur Steigerung der Akzeptanz in der Öffentlichkeit.
- **Entwicklungspyramide:** Die Nutzung der geothermischen Energie umfasst verschiedene Schwierigkeitsgrade. Diese Zusammenhänge symbolisierte das LFZG mit einer Pyramide, an deren Spitze, die am einfachsten zu erreichenden geothermischen Ressourcen bilden („low-hanging fruits“). Strategisch sollten diese leichter zu erschließenden Nutzungsformen zuerst angegangen werden.
- **Geothermie-Potenziale in Baden-Württemberg:** Trotz der langen Forschungsgeschichte sind die Potenziale der Tiefengeothermie in Baden-Württemberg noch nicht flächendeckend erfasst. In Zusammenarbeit mit Universitätsinstituten, Fachhochschulen und Stadtwerken entwickelt das LFZG zwei Pilotprojekte: „Geothermisches Potenzial Baden-Württemberg GEO-POT.bw“ und „Zukunftsfähige Wärmenetze in Oberschwaben“. Die Exposé wurde bereits für die Öffentlichkeitsarbeit aufbereitet.

2.4. Schulung und Sensibilisierung für Qualitätssicherung

Schulung und Sensibilisierung für Qualitätssicherung für die Umsetzung von Vorhaben sollen einer Qualitätssteigerung bei Vorhaben dienen. Sachverständigenschulungen im Rahmen des EQWS wurden organisiert und durchgeführt. Corona-bedingt gab es Unterbrechungen.

Auf Workshops, Messen und auch im direkten Gespräch wurden verschiedene Inhaber von Erlaubnisfeldern sensibilisiert für eine noch stärker qualitätsgesicherte Umsetzung von Vorhaben.

Anfragen von Stadtwerken bzw. möglichen Betreibern

Informationsgespräche (i.d.R. mehrere Videokonferenz-Treffen), z.B. Diskussion möglicher Nutzungs- und Speicherszenarien.

- Stadtwerke Stuttgart
- Beratung für Stadtwerke Tübingen
- MVV (Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft)
- Bad Saulgau
- Ulm
- Ettlingen
- Rastatt
- U.v.a.m.

Organisation von Sachverständigenschulungen zur Oberflächennahen Geothermie.

Auf der Basis der Notwendigkeit im Rahmen des LQS-EWS von Sachverständigenschulung wurden diese ab Mitte 2022 wieder angeboten und weiterentwickelt. Das Schulungsprogramm gliedert sich in 5 Module **(1)** Systemauslegung, **(2)** Geologie, **(3)** Geophysik, **(4)** Tiefbohrtechnik und **(5)** Mischtechniken (Tiefbohrzemente etc.). Im Wissenschaftlichen Beirat wurde ein Konzept für die Weiterentwicklung und Institutionalisierung der Sachverständigenschulung vorgestellt und befürwortet.

2.5. Unabhängige Beratung und Begleitung bspw. der Kommunen

Es wurde eine unabhängige Beratung und Begleitung bspw. der Kommunen bei Vorhaben der tiefen Geothermie (z.B. Bürgeranhörungen etc.) und Verbesserung des geowissenschaftlichen Wissens in der Gesellschaft angeboten, um bei Projekten die Entscheidungsfindung zu erleichtern. Dazu wurden wissenschaftsbasierte Information für die Risikowahrnehmung bereitgestellt.

Die Beratungen stellen eine Grundlage zur Verbesserung des geowissenschaftlichen Wissens in der Gesellschaft dar. Diese dient, um bei Projekten die Entscheidungsfindung zu erleichtern. Sie beinhaltet darüber hinaus die Bereitstellung wissenschaftsbasierte Information für die Risikowahrnehmung.

Es wurden verschiedene regionale Veranstaltungen organisiert und durchgeführt und bei Anfragen aus Kommunen diese z.B. im Rahmen von Bürgeranhörungen als unabhängige Einrichtung unterstützt. Dabei haben wir uns auf eine wissenschaftsadäquate Kommunikation fokussiert. Über eine Verbesserung des geowissenschaftlichen Wissens in der Gesellschaft soll dabei die Entscheidungsfindung vor Ort erleichtert werden z.B. durch Vorträge oder die Bereitstellung wissenschaftsbasierte Information für eine faktenbasierte Risikowahrnehmung.

Ausgewählte Beispiele:

- Freiburg: Informationsveranstaltung der GRÜNEN im Wahlkreis Freiburg zum Thema. Chancen und Risiken der Tiefen Geothermie in Baden-Württemberg.
- Landtag BW: Informationsveranstaltung zur Tiefen Geothermie auf Einladung der GRÜNEN MdB Chantal Kopf.
- Ravensburg: Online-Präsentation und Diskussion zu Themen der Tiefen Geothermie und von Nahwärmenetzen für die Vetter Pharma-Fertigung GmbH & Co. KG in Ravensburg.
- Dettenheim 1: Bürgerinformationsabend auf Einladung der Bürgermeisterin Frau Göbelbecker und des Gemeinderats in der Festhalle Liedolzheim.
- Mannheim: Austausch mit der Direktion das Technoseum (ehemals Technik-Museum) Mannheim zur Konzeption von Exponaten zum Thema „Tiefe Geothermie“. Besuch und Führung im Technoseum im Dezember 2022.
- Appenweier: Vortrag zur Tiefen Geothermie auf Einladung des GRÜNEN MdL, Herrn Hans-Peter Behrens (Wahlkreis Baden-Baden) in Appenweier; beteiligt: Herr Bernd Mettleiter, Wahlkreis Kehl.
- Stuttgart: Aussprache zur Tiefen Geothermie und zur indizierten Seismizität auf Einladung des BUND mit dem Ziel der Änderung des existierenden Positionspapiers, 20.05.2022.
- Landkreis Germersheim: Vortrag zum Thema „Lithium-Gewinnung“ mit Erläuterung der kritischen KIT-Stellungnahme zur Lithium-Gewinnung aus Geothermalwässern des Oberrheingraben.
- Rastatt 1: Vortrag zur Tiefen Geothermie und zu den geothermischen Potenzialen zwischen Karlsruhe und Rastatt auf der Aufsichtsratssitzung (28.7.2022) der Stadtwerke Rastatt
- Rastatt 2: Teilnahme und Vortrag auf der Klausurtagung der Stadtwerke Rastatt (24.11.2022) zur Charakterisierung der Geothermiepotenzial im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energieformen. Vorstellung einer SWOT-Analyse für eine Geothermie-Anlage.

- Kandel: Vortrag im Bürgerhaus Steinweiler der Verbandsgemeinde Kandel zu den Themen „Tiefe Geothermie“ und „Gewinnung von Lithium“ aus Thermalwasser.
- Wörth: Öffentlicher Vortrag im Auftrag der Neuen Energie Wörth zum Thema: Möglichkeiten und Risiken der Tiefen Geothermie in und um Wörth am Rhein.
- Neustadt: Öffentlicher Vortrag und Bürgerfragen auf einer Bürgerversammlung der Stadt Neustadt a. d. Weinstraße im Ortsteil Geinsheim zu den Themen „Tiefem Geothermie“ und „Lithium-Gewinnung“ am 26.09.2022.
- Dettenheim 2: Rückfragen des Gemeinderats und der Bürgermeisterin, Frau Göbelbecker zu den Risiken der Tiefen Geothermie anlässlich der bohrtechnischen Schwierigkeiten auf der Geothermie-Bohrung Graben-Neudorf GN-Th-1.

Bundesverband kommunaler Unternehmen (VKU): Der Bundesverband als Interessensvertretung der kommunalen Energieunternehmen beschäftigt sich intensiv mit Themen rund um die erneuerbaren Energien. Nach eigenen Aussagen noch wenig beleuchtet sind die Chancen und Risiken der tiefen Geothermie. Daher fragte der VKU beim LFZG einen Übersichtsvortrag im Rahmen der Jahresversammlung an. Damit sollten die Mitgliedsunternehmen informiert und fachgebunden vernetzt werden. Die Herausforderung dabei war, die Techniken der Aufsuchung und Energiegewinnung aus dem geologischen Untergrund darzustellen und vor allem auch die Investitionskosten kritisch in den Blick zu nehmen.

FESA RegioNetz 2021: Die fesa ist ein eingetragener Verein mit Sitz in Freiburg mit dem Ziel der Förderung des Energiesparens, des Einsatzes umweltschonender Energietechniken, des Klimaschutzes und der Klimaanpassung. Auf dem jährlichen Regionalvernetzungstreffens RegioNetz 2021 am 4. November 2021 wurden den über 50 Interessierten und Engagierten im Klimaschutz eine digitale Informations- und Vernetzungsveranstaltung mit Experten zum Rahmenthema „Potenzial für Tiefe Geothermie in Südbaden“ präsentiert. Die Vortragsthemen waren: a) Geologische und technische Rahmenbedingungen (LFZG), b) Chancen und Perspektiven von Geothermie für die Energiewende (LFZG) und c) Partizipation und Akzeptanz von Bürgern an der Umsetzung der Technologie (Badenova). Nach den Vorträgen konnten die Öffentlichkeit und die Vereinsmitglieder ihre Fragen diskutieren. Dabei zeigte sich ein sehr hohes wissenschaftliches und technisches Verständnis, so dass der Eindruck entstand, dass das Thema „tiefe Geothermie“ von der Öffentlichkeit immer besser verstanden wird und (dadurch?!) insgesamt eine höhere Akzeptanz zu verzeichnen ist. Damit hat sich das Konzept der tiefen, transparenten Öffentlichkeitsarbeit, das vom LFZG von Anfang an unterstützt wurde, Früchte getragen.

Messen

GeoTHERM 2022: Erstmals wieder nach der Corona-Zwangspause 2020 und der virtuellen Veranstaltung 2021 war das LFZG 2022 wieder in Präsenz als Aussteller auf der GeoTHERM bei der Messe Offenburg vertreten (Abb. 4a). Der Betrieb des Messestandes erfolgte gemeinsam (Abb. 4b) mit dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB). Während sich das LGRB auf die Vorstellung der ISONG-Plattform (oberflächennahe Geothermie) konzentrierte, stellte sich das LFZG den Fragen der Fachbesucher zur Tiefen Geothermie. Neben den Petrophysik-Experimenten zur Porosität und Permeabilität (Abb. 4c) wurden Kurzvorträge zu ausgewählten geologischen Themen direkt am Messestand auf einem Großbildschirm präsentiert. In den Aufbau und den Betrieb des Messestandes wurden Studenten des KIT eingebunden, für die Auszubildenden auch die Möglichkeit zu bieten, Kontakte zu Firmen und Behörden zu knüpfen. Angeboten in Broschürenständern, wurden auch in großem Umfang schriftliches Informationsmaterial des LFZG, beispielsweise der FAQ, abgegeben.

Career Connect: Vom LFZG wurde für interessierte Studierende eine Kontaktbörse mit Rundgang durch die Messe vom LFZG organisiert und durchgeführt.



Abb. 4a: Messestand des LFZG gemeinsam mit der KIT AGW, Abteilung Geochemie. Neben den Informationen zur Wärmegegewinnung war das Interesse der Öffentlichkeit und der Fachbesucher am Thema Lithium-Gewinnung im Oberrheingraben sehr groß. Die Geologie von Lithium-Ressourcen und deren Gewinnung wurden anhand von Gesteinsproben und erläutert.



Abb. 4b: Nachbarstand des LGRB. Gemeinsam mit dem LGRB besteht das Konzept des Doppelstandes darin, dass das gesamte Fachgebiet der Geothermie von Experten abgedeckt wird. Dabei besonders werden Baden-Württemberg-spezifische Themen aufbereitet, die in der besonders vielfältigen Geologie des Bundeslandes begründet sind.



Abb. 4c: Messestand des LFZG mit den Petrophysik-Experimenten. Porosität und Permeabilität von Gesteinen sind neben der thermischen Leitfähigkeit die entscheidenden Faktoren in der Tiefen Geothermie. Gleichzeitig handelt es sich um komplexe, petrophysikalische Größen, zu welchen das LFZG eine anschauliche Demonstration vorbereitet hat. Die Demonstrationen sind stets sehr gut besucht und vor allem bei Schülern beliebt. Inzwischen werden die Experimente auch international nachgefragt.

Energiewendetage

Auf den Öffentlichkeitsveranstaltungen der baden-württembergischen Energiewendetage in Stuttgart und Karlsruhe betrieb das LFZG ebenfalls einen Messestand. Die technische Ausstattung erfolgt durch einen Veranstalter. Die Veranstaltungen konzentrieren sich weniger auf ein Fachpublikum, sondern versorgt interessierte Laien mit gedruckten und digitalen Informationen.

Die Energiewendetage Baden Württemberg in Stuttgart und Karlsruhe konnten 2021 in Präsenz abgehalten werden, so dass das LFZG vor Ort (Schlossplatz in Stuttgart, Campus Süd in Karlsruhe) einen Stand aufbauen konnte. Der Messestand bot petrophysikalische Live-Experimente, Exponate und ein Vortrags- und Diskussionsforum an. Zur Unterstützung der Diskussionen mit den Besuchern wurde ein Poster im Format A0 aufgestellt, das die Grundzüge der tiefen Geothermie und die Arbeit des LFZG skizziert.

Energiewendetage Baden-Württemberg in Stuttgart: Ein Schwerpunkt bildet dabei immer der Austausch mit der zum Teil aus der weiteren Umgebung zugereisten Bevölkerung. Familien mit schulpflichtigen Kindern sind dabei besonders präsent, wobei sich vor den Petrophysik-Experimenten oft lange Schlangen bildeten. Der letzte Messeauftritt des LFZG in diesem Format erfolgte am 24./25. September 2022 in Stuttgart auf einer Freifläche vor der Staatsoper.

Schulen

Neben der Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Tiefe Geothermie für Erwachsene war es seit der Gründung auch immer ein Anliegen des LFZG, auch Schüler und Studenten für das Thema zu begeistern und damit auch die dringend benötigten Nachwuchskräfte zu fördern.

Science Camp Geothermie.

Zusammen mit dem KIT ZML (Zentrum für Mediales Lernen) hat das LFZG die Veranstaltung „Science Camp Energie“, die am 3. September 2020 in einem Seminarraum des Audimax durchgeführt. Eingeladen waren Schüler zwischen 9 und 13 Jahren, die sich in Form einer Sommerschule vertieft mit dem Thema „Energiewende“ beschäftigen wollten. Herr Dr. Kiefer, LFZG, hielt zwei 1,5-stündige Blockvorlesungen zu den Themen „Geologische Geländeaufnahme und Kartierung“, „Industrielle Exploration“ und „Grundzüge der Tiefbohrtechnik“ ab. Zur Unterstützung der Theorie wurden Exponate bereitgestellt und deren Handhabung mit den Schülern diskutiert; Ausrüstung eines Feldgeologen: Geologische Karte, Lupe, Geologen-Kompass, Geologenhammer, Säurefläschchen, Farbskala, Schutzausrüstung. Skizziert wurden die Konstruktion einer geologischen Karte und die Aufnahme eines geologischen Profils. Petrophysikalische Begriffe wie Porosität und Permeabilität wurden anhand von Gesteinsproben erörtert. Da das Veranstaltungsformat großen Zuspruch bei den Schülern fand, wurden mit dem ZML vergleichbare Kurse für die Folgejahre vereinbart.



Abb. 5: *Impressionen vom Science Camp Geothermie 2020*

Die Homepage des LFZG stammt in ihren Grundzügen aus dem Jahr 2013, wurde vor 2018 Jahren überarbeitet und wird bislang auf einem Server der Fachhochschule Offenburg gehostet. Sie informiert im Wesentlichen über aktuelle Ereignisse wie Kongresse und Tagungen, den Fortschritt von Forschungsarbeiten und Informationsplattformen für Studierende. Zum Jahreswechsel 2020/2021 wurde ein Fahrplan entworfen, die Homepage nach Karlsruhe zu verlegen, um die Inhalte auszubauen und die Aktualisierung zu erleichtern. Geplant ist der Aufbau eines Informationsservice zu Themen der Geothermie. Insbesondere sollen die Ergebnisse und technischen Informationen des FAQ-Prozesses (Frequently Asked Questions), neben der gedruckten Broschüre, auch digital auf der Homepage zur Verfügung stehen. Dazu werden 2 Optionen untersucht, **(1)** Aufbau eines durchsuchbaren FAQ und **(2)** die Bereitstellung der FAQ Unterlagen als Druckversion (auch zum Download).

KIT Science Camp Geothermie 2021: Das LFZG war auch im Förderjahr 2021 an dem vom KIT ZML (Zentrum für Mediales Lernen) organisierte „**Science Camp Geothermie**“ für Schüler beteiligt (<https://www.zml.kit.edu/angebote-fuer-schueler.php>). Am 10. September wurde in einem Seminarraum des Audimax des KIT eine Präsentation zum Thema „Geowissenschaftliche Ausbildung

am KIT und Berufspraxis“ angeboten. Der Vortrag wurde durch Demonstrationsobjekte (Geologische Karte, Geologenkompass, Hammer, Säurefläschchen, Höhenmesser, Lupe, Feldbuch, Farbskala, Kleidung, Schutzausrüstung etc.) ergänzt. Eingeladen waren ausgewählte Schüler zwischen 9 und 13 Jahren, die sich in Form einer Sommerschule vertieft mit dem Thema „Energiewende und Geothermie“ beschäftigen sollten. Schwerpunkt des diesjährigen LFZG-Beitrags lag bei der Konstruktion einer geologischen Karte im Gelände und die Aufnahme eines geologischen Profils. Den Schülern vermittelt wurde, dass eine geologische Karte die Grundlage für jede Form der feldgeologischen Forschung und der geotechnischen Nutzung des Untergrunds ist. Die anschließende Diskussion machte deutlich, dass für die Schüler das Nebeneinander von Arbeiten in Natur und Gelände, sowie Auswertungen am PC und im Labor sehr attraktiv finden. Da das Veranstaltungsformat großen Zuspruch bei den Schülern fand, wurde mit dem ZML vergleichbare Kurse für die Folgejahre vereinbart.

KIT Science Camp 2022: Auf Einladung des KIT, House of Competence (HOC) - Zentrum für Mediales Lernen, Herrn Michael Gauß (Projektmitarbeiter- Technikdidaktik, außerschulische Jugendbildung, KIT-Science Camps) unterstützte das LFZG auch zwischen 5.-9.9.2022 wieder das KIT Science Camp für Schülerinnen und Schüler mit Experimenten und einigen Übungsbeiträgen. Die diesjährigen Themen waren: **a)** Verstehen einer geologischen Karte, **b)** geologisches Arbeiten mit Karte und Kompaß im Gelände und **c)** Aufbau eines geologischen Modells mit farbiger Modelliermasse, um eine geologische Karte auch in 3D zu verstehen und zu interpretieren. Im Rahmen von Übungen wurden verschiedene geologische und topographische Kartenformate aus Deutschland, Europa und Südamerika präsentiert und mit den Schülern durchgesprochen. Im nächsten Schritt wurde vermittelt, wie man anhand der Gesteinseinheiten an der Tagesoberfläche und einer topographischen Karte einen geologischen Schnitt bis in eine größere Tiefe konstruiert. Beide Übungen sind Voraussetzung für die Herstellung eines 3D Modells. Im dritten Schritt mussten die Schüler aus farbiger Modelliermasse ein geologisches Schichtenmodell herstellen und ein Landschaftsrelief herauspräparieren. Durch Fotografie mit dem Mobiltelefon von der Seite entsteht das Abbild eines geologischen Schnitts, und die Fotografie von oben simuliert eine geologische Karte. Da die Schüler von diesem „Bastelversuch“ begeistert waren, wird die Übung auch in den nächsten Science Camp-Veranstaltungen wiederholt und technisch verfeinert.

MINT EC Camp: Neben dem Science Camp für jüngere Schüler beteiligte sich das LFZG am 1. Oktober 2021 auch am MINT-EC-Camp: Energie und Mobilität – Gegenwart und Zukunft (<https://www.mint-ec.de/veranstaltungen/1325-mint-ec-camp-energie-und-mobilitaet-gegenwart-und-zukunft/>), eine bundesweite Veranstaltung für Schüler der Sekundarstufe 2, bzw. kurz vor dem Abitur. Auch diese Veranstaltung wurde von den Herren Gauß und Potthoff (KIT- ZML, Zentrum für Mediales Lernen) vorbereitet und durchgeführt. Ziel ist eine erste Berufsorientierung zu bieten. Daher kombiniert das Veranstaltungsformat Theorie, Praxis und Team-Arbeit außerhalb der Schule. Vom LFZG angeboten wurden ein Kombinationsvortrag, der über moderne Explorationstechniken, aber auch über die geowissenschaftliche Ausbildung, die Fachsegmente, die Berufsbilder und die Verdienstmöglichkeiten informierte. Die sehr lange und engagiert geführte Abschlussdiskussion verdeutlichte, dass auch dieses Format bei älteren Schülern sehr gut ankommt und in Zukunft vom KIT weiter unterstützt werden sollte.

Lehrmaterial für Schüler:

Das LFZG ist seit Beginn 2013 an Veranstaltungen für Schüler verschiedener Altersklassen und für die Fortbildung von Experten tätig. Dabei entstand umfangreiches Lehrmaterial in vielen verschiedenen Formaten. Zu nennen sind Skripte, PPTX-Präsentationen, Vorträge, Filme und Druckschriften. Eine ständig steigende Nachfrage nach Unterrichtsmaterial erforderte die Schaffung von Standardinformationen zu den häufig angefragten Themen im Zusammenhang mit der Nutzung

geothermischer Energie. Das LFZG stellte daher Standard-Foliensätze zu folgenden Themen zusammen, die je nach Vortragsformat neu kombiniert werden können:

- Induzierte Seismizität
- Randbedingungen der Energiewende
- Untertagespeicherung von Energie
- Grundwasserschutz
- Technische Konzepte der Geothermie
- Radioaktivität
- Studium und Berufe in den Geowissenschaften
- Geophysikalische und geologische Explorationsmethoden
- Tiefbohrtechnik, Reservoir-Analyse und Bohrlochmessungen
- Risikoanalyse in der Exploration und der Projektplanung
- Flächenverbrauch bei der Energiegewinnung
- CO₂-Minderungspotenziale erneuerbarer Energieformen

Bundesverband Geothermie e.V. (BVG): Frau Kathrin Schwarz, Bereich Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit, informierte das LFZG, dass der BVG unter Förderung der BMU, Unterrichtsmaterialien für Lernende und Lehrende für den schulischen Bereich (Klasse 5 bis 13) erarbeitet. Ziel ist es, Wissen über Geothermie an die Schulen zu bringen, die Wärmewende zu fördern und dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken. Herr André Deinhard gab den Hinweis, dass das LFZG über ein Repertoire von Experimenten zur Geothermie verfügt, die auch für Schüler geeignet wären. Das LFZG unterstützte das Projekt und organisierte einen Online-Workshop. Unter Teilnahme des KIT HOC/ZML (Herr Michael Gauß) wurden Materialien für Lehrende und Lernende diskutiert, beispielsweise Broschüren und Bücher, Übungsaufgaben, Präsentationen und Kofferexperimente.

Die Expertise und Materialien des LFZG wurden vom Bundesverband Geothermie für die Ausarbeitung ihrer Schulmaterialien verwendet.

3. Forschungstransfer

Aufbau und Nutzung einer Logging-Einheit – Kooperation mit Stadtwerken Bad Saulgau

Geophysikalische Bohrlochmessungen dienen dazu physikalische Größen in einer Bohrung und ihrer direkten Umgebung zu erfassen. Sie gehören zu den wichtigsten Messverfahren im sonst unzugänglichen Untergrund. So können petrophysikalische, lithologische und lagerstättentechnische Eigenschaften des Gesteins erfasst und darüber hinaus der Zustand von Bohrungen erfasst werden. Insbesondere auch die Erfassung von Beobachtungen (Bohrlochquerschnittserweiterungen, induzierte Risse), aus denen sich der Spannungszustand ableiten helfen, die Bohrlochstabilität und mögliche induzierte Seismizität besser zu erfassen. Die Leitfähigkeiten im Untergrund sowie die Zuflüsse in eine Bohrung sind weitere wesentliche Kenngrößen. Daher wurden Logging Sonden und eine Winde angeschafft. Sie sind in einem Logging-Trailer mobil einsetzbar.

Tabelle 1: Komponenten der KIT- Logging Ausrüstung.

Tripod, Dreibaen
4-Arm Caliper Tool
Vertical Sonde
Gamma Ray
Gearhart-Owen 4-conductor QL Probe Top
Blade, amagnetic 1.5CuBe for slip over centralizer (24x)
In-line centralizer
Rugged, Slip-Over Centralizer, 1 pair required (2x)
standard QL Probe bottom
Acoustic Televiwer
Mini Acquisition System
Winch Modem GV550 - supplied with 2000m of 3/16" 4-core logging cable & comes equipped w/integral depth encoder, automatic level-wind, cable tension gauge, electronic torque limiter, 6-way slip ring, wireless auxilliary remote controller and 1,1kW electric motor.
Optical Televiwer - 2nd generation
Rugged, Slip-Over Centralizer, 1 pair required (2x)
standard QL Probe bottom, 40 mm
4"Blades (10 pcs)
Electrical Resistivity - Inline sub
Temperature and Fluid Conductivity - Bottom sub
Spinner Flow Meter - Bottom sub
QL40GO4 – Optischer Televiwer
Full Waveform Sonic - Broad band- 1Tx-4Rx in-line sub
Aluminium Extension Bar
Rugged, Slip-Over Centralizer, 1 pairs required - Teflon coated for noise dampening
Blade, amagnetic 1.5CuBe for slip over centralizer (4", 6," 8")
Logging tripod with sheave wheel - (for when there is no rig on the borehole)
Calibration and Test Box for Normal Resistivities, SP & Induced Polarization - (ALT PN TB-001)
Isolation Bridle, GO-4 probe top to QL probe
Javelin NMR Surface Station
Javelin NMR JPY350
Javelin NMR JPY

In Tabelle 1 sind die Komponenten der Logging-Ausrüstung aufgeführt. Zu den wesentlichen Teilen gehören der der optische und der akustische Bohrloch-Televiwer, die kleine Winde mit 480 m 4adrigem Messkabel, die große Winde mit 2000 m Messkabel und das Scout-Daten-Aquisitionssystem. Weitere spezielle Logging-Tools messen die Ausrichtung und die Querschnitte einer Bohrung (Verticality Sonde) Das Gammy Ray misst die natürliche Gammastrahlung um eine Bohrung. Zusätzlich gibt es Sonden für die Temperatur und die Leitfähigkeit des Fluids in der Bohrung, die elektrische Leitfähigkeit der Formation sowie ein Sonic Log für die Geschwindigkeiten in der Formation und ein Flowmeter, mit welchem Zuflüsse in Bohrungen vermessen werden können. Die Porosität des Gebirges kann mit der NMR Sonde erfasst werden.

Langfristiges Ziel ist die Verankerung der bohrlochgeophysikalischen Messungen im Logging auch in der Lehre am KIT. Dazu werden schrittweise für den Pool an Logging-Tools praktische und theoretische Übungen erstellt. So soll das Wissen um diese wesentlichen Methoden der Erkundung des Untergrunds im Lande erhalten und ausgebaut und Nachwuchswissenschaftler qualifiziert werden.

Transferaktivität in Bad Saulgau

Nach Testmessungen am KIT wurde der Logging-Trailer in Bad Saulgau auf Einladung der Stadtwerke Bad Saulgau an der Bohrung Bad Saulgau GB 2 eingesetzt. Die ursprüngliche Tiefe der Bohrung GB 2 ist 915 m. Bei der Erstellung der Bohrung wurde diese bis ca. 560 m verrohrt. Inwieweit sie noch zugänglich ist, war ein Ziel der Messungen. Darüber hinaus sollte z.B. der Temperaturverlauf mit der Tiefe und der Zustand der Verrohrung erkundet werden. Im Vorfeld wurde von den Stadtwerken der Wasserspiegel erkundet, er lag zur Messzeit bei ca. 70 m unter Geländeoberkante.

Am 17. Und 18. Oktober 2022 wurden vom LFZG mehrere Messungen durchgeführt (Abb. 6). Dabei wurden wir von der Firma BLM unterstützt, der Geschäftsführer E. Scheck hat uns als erfahrener Logging-Ingenieur begleitet. Diese Unterstützung ist sinnvoll, da wir einen Teil der Logging-Tools erst kürzlich erhalten haben und dies die erste Messfahrt war. Die Stadtwerke Bad Saulgau haben die Bohrlokation (Abb. 7) perfekt vorbereitet und uns vor Ort sehr unterstützt.



Abb. 6: Innenausbau des Logging-Trailers. Techniker Sam Rasamlingam ist mit dem Aufstellen der Winde zufrieden.



Abb. 7: Zusammenbau der Logging-Sonden. Auspacken der Logging-Tools durch Eduard Scheck (BLM).

*Tabelle 2: Übersicht über die Befahrungen der GB 2 in Bad Saulgau. Das Gamma Ray wird als Tiefenreferenz bei jeder Befahrung eingesetzt. Open-hole bezeichnet den nicht verrohrten Bereich der Bohrung. Cased-hole ist der verrohrte Bereich der Bohrung (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).*

Befahrung	Tiefe von – bis (GOK)
Dummy - Befahrung	
Gamma Ray und FTC (Temperatur und Leitfähigkeit des Wassers in der Bohrung)	592m
Gamma Ray und ABI- open hole	569.7- 592 m
Gamma Ray und ABI im cased hole	70-569.7 m
Sonic Log und Spinner Flow Meter Down	70-560m
Sonic Log und Spinner Flow Meter Up	70-560m



Abb. 8: Bohrlochkopf. Das erste Tool wird in die aufgelassene Tiefbohrung Saulgau GB2 eingefahren.



Abb. 9: Infrastruktur um die Saulgau GB 2. Ansicht der Teststelle mit Messhütte und Windrad



Abb. 10: Abschluss der Bohrlochmessung. Bergen eines Logging Tools aus der GB 2. KIT-Werkstattleiter Kevin Altinger mit Eduard Scheck von BLM.

Ergebnisse der Bohrlochbefahrungen

Dummy Befahrung:

Das Ziel der Dummy-Befahrung war, festzustellen, ob die Bohrung bis Endteufe noch zugänglich ist. Die Dummy-Befahrung endete allerdings deutlich vor der Endteufe mit einem Aufstehen des Dummys. Nachdem wir von der ursprünglichen Bohrfirma die Bohrprotokolle erhalten haben und uns weiter informierten, hat sich herausgestellt, dass die Bohrung bereits kurz nach der Erstellung nur bis der von uns festgestellten Tiefe offen war (Abb. 8).

Ergebnisse der Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen

Zur Bestimmung der Bohrlochtemperatur wurde die Gamma-Ray Sonde in Kombination mit der Leitfähigkeits- & Temperatursonde (FTC) eingesetzt. Das FTC zeigte einen linearen Temperaturgradienten ab ca. 90 m unter GOK und hat bei 592 m Tiefe (hier ist das Tool aufgestanden) einen Wert von 39.2°C (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die Gamma-Ray Messung zeigte den Übergang vom Tertiär ins Jura bei 558 m, genauso wie im Geologischen Profil des LGRB angegeben.

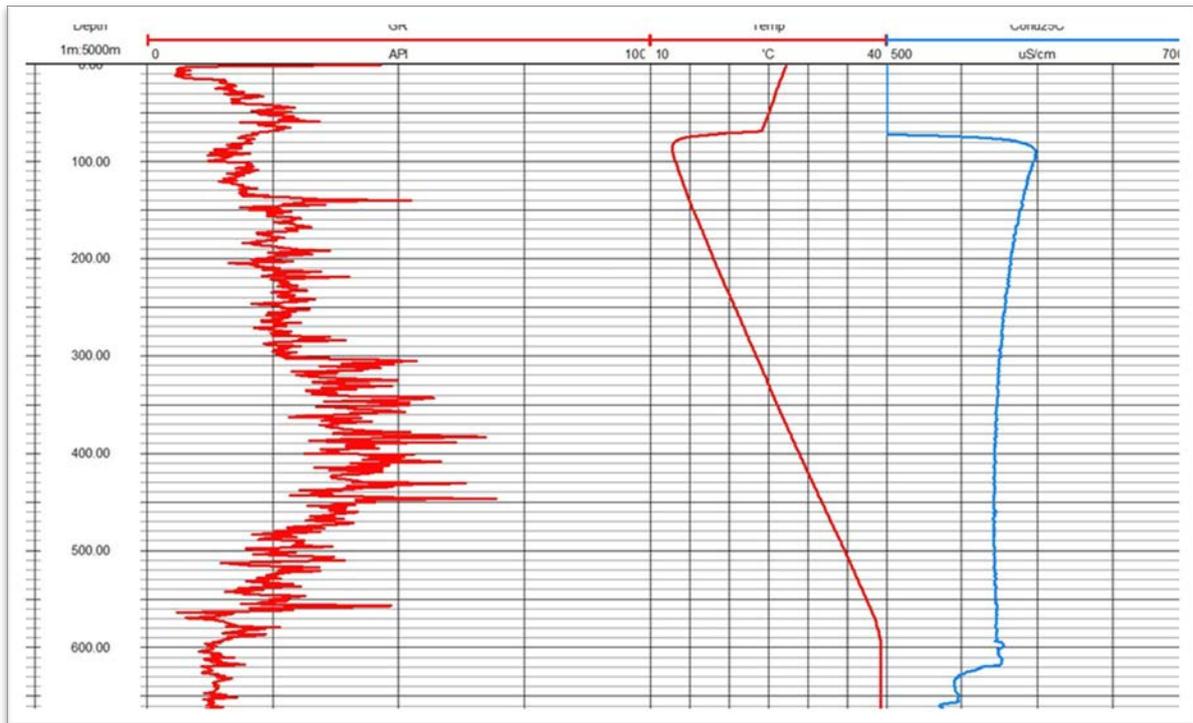


Abb. 11: Gamma-Ray-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen in der GB 2. Am Temperaturlog erkennt man, dass das Tool ab 592 m aufsteht. Die Leitfähigkeit zeigt erst dann Werte, wenn sich die Sonde im Wasser befindet. Die Werte, die in L2 in größeren Tiefen dargestellt werden rühren vom Abspulen des Messkabels von der Winde.

Neigung und Ausrichtung der Bohrung:

Für die Messung der Raumlage der Bohrung (Bohrungstrajektorie) konnte der Akustische TelevIEWER (ABI) genutzt werden. Das ABI Logging-Tool gibt die Raumlage der Bohrung in Bohrlochazimut und Neigung (Deviation) an. Es hat sich gezeigt, dass das Bohrloch nahezu vertikal gebohrt wurde. Die Neigung der Bohrung im open hole Bereich erreicht bis zu 3.4°, im Bereich der Verrohrung ist der maximale Wert 2.4°. Der Bohrlochazimut, also die Orientierung gegenüber Nord im open hole Bereich ist bei ca. N 335°E. Innerhalb der Verrohrung kann die Bohrlochorientierung nicht ausgewertet werden, da davon ausgegangen wird, dass die Metallverrohrung keine verlässliche Magnetfeldorientierung zulässt.

Vermessung des Bohrlochquerschnitts

Dies erfolgt mit der Kombination Gamma-Ray und Akustischem TelevIEWER (ABI). Der TelevIEWER beruht auf Ultraschallmessungen und kann daher nur in Flüssigkeiten, d.h. in der GB 2 nur unter 70 m eingesetzt werden. Der ABI gibt einerseits die Laufzeit eines Ultraschallpulses bis zur Bohrlochwand an (Traveltime-Messung) und zusätzlich die Güte der Reflektion an der Bohrlochwand wieder (Amplituden-Messung, Abb. 12). Das ABI Tool konnte zudem dazu genutzt werden, um die genaue Tiefe des zugänglichen Bohrlochs zu ermitteln. Abbildung 12 zeigt, dass sich ab 592.7 m die Daten nicht mehr ändern und das Tool aufsteht. Das Gamma-Ray bei diesen Messungen reproduziert die Ergebnisse des Gamma-Ray bei der FTC Messung. D.h. die Logging-Tools haben keinen Tiefenversatz. Mit dieser Kombination wurden dann der offene und der verrohrte Bohrlochbereich vermessen.

Klüfte im Offenen Bohrlochbereich:

Der offene Bohrlochbereich konnte nur über ein kurzes Intervall, nämlich vom Ende der Verrohrung bis zum Bohrlochtieftsten gemessen werden.

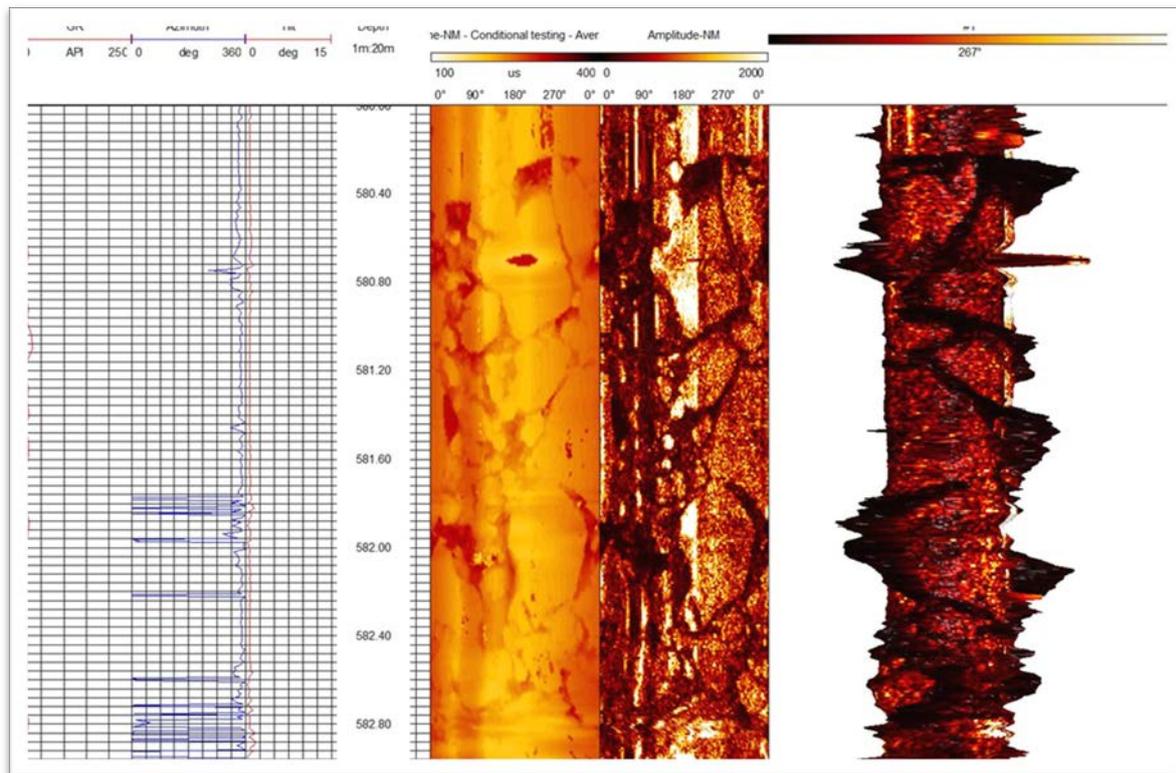


Abb. 12: Televiewer-Bilder. Links sind die Gamma-Ray-Messung, die Neigung und der Azimut der Bohrung für das Tiefenintervall von ca. 580-583 m dargestellt. In der Mitte sind die 360° Abwicklungen der Kaliber- und der Amplitudenbilder gezeigt. Diese sind immer bezogen auf magnetisch Nord. Die Laufzeitdarstellung zeigt mit dunklen Werten lange Laufzeiten an. Die Amplitudendarstellung zeigt mit dunklen Werten geringe Amplituden an. Klüfte im Gestein können so identifiziert werden. Rechts ist der Bohrungsabschnitt in 3D basierend auf den Laufzeitmessungen dargestellt. Die Einfärbung beruht auf der Amplitudenmessung

In diesem Bereich treten Bohrerweiterungen auf und zwar in Form von Klüften. Im offenen Bohrlochbereich gibt es starke Schwankungen beim Azimut (Bohrlochausrichtung) und der Neigungsmessung. Dies liegt daran, dass dort der Bohrdurchmesser so groß ist, dass die Zentrierfedern das Tool im Bohrloch nicht zentrieren konnten.

Abbildung 12 zeigt ein 3D-Bild der Bohrung, auf der die Klüfte gut zu erkennen sind. Diese kann man auch in den 360° Abwicklungen der Kaliber- und Amplitudenbilder erkennen. Spannungsinduzierte Bohrlochrandausbrüche konnten in dem kurzen Tiefenintervall nicht ermittelt werden. Verschieden orientierte Klüfte sind zu erkennen. Vermutlich handelt es sich um eine Kombination von natürlichen Klüften und induzierten Rissen. Die induzierten Risse zeigen keine Sinusstrukturen wie natürliche Klüfte sondern einen unregelmäßigen Verlauf. Sie sind auch relativ steil ausgerichtet und verlaufen in Orientierungen zwischen ca. N 300°E

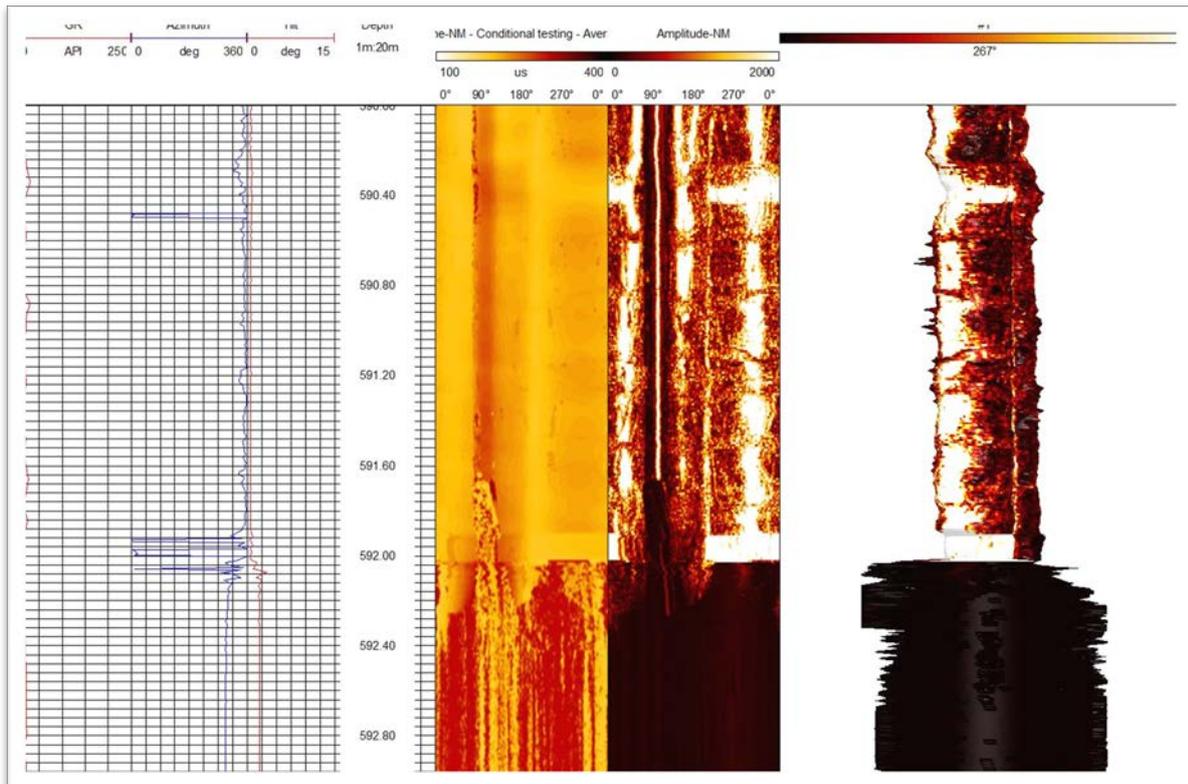


Abb. 13: Aufstand des Tools im Bohrloch. Die Abbildung zeigt die Messung aus dem Open Hole Bereich im Bereich des tiefsten zugänglichen Bohrlochbereichs, in welchem sich die Daten nicht mehr ändern, d.h. das Tool sitzt im Bohrloch in dieser Tiefe auf.

Untersuchung des Casings:

Im verrohrten Bereich können ebenso Teviewermessungen durchgeführt werden. Aufgrund der Metallverrohrung ist die Orientierung der einzelnen Ultraschallpulse nicht gegeben, da die Orientierungseinheit des Tools über das Magnetfeld die Orientierung bestimmt. Die ersten Ergebnisse der Verrohrungsmessung zeigen die Gewindeverbindungen der einzelnen Verrohrungsstücke in regelmäßigen Abständen (Abbildung 13). Das LFZG hat noch eine Softwarekomponente zur Untersuchung der Casing Integrity erworben und wird diese Untersuchungen weiterführen.

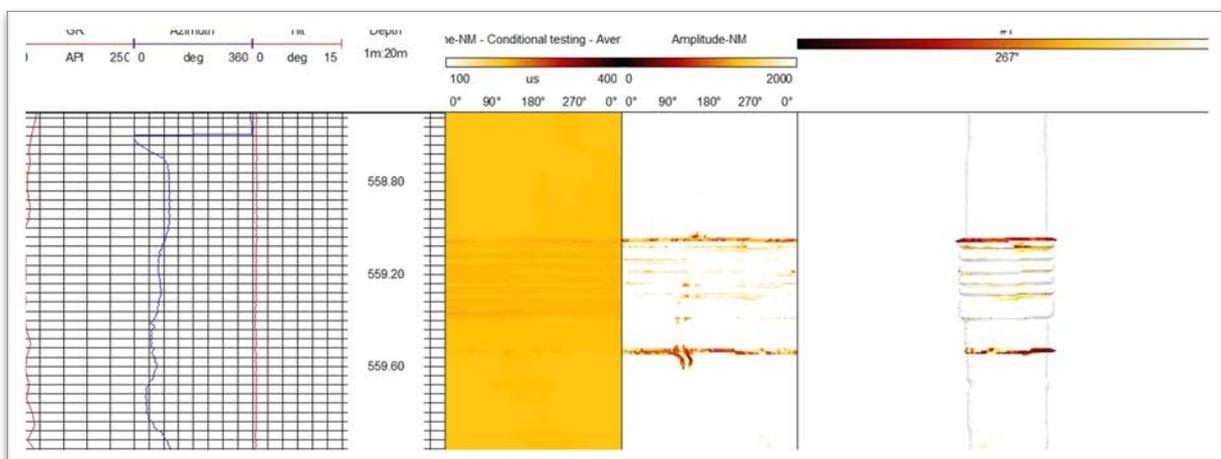


Abb. 14: Vermessung der Verrohrung. Sowohl im Laufzeit- als auch Amplitudenbild kann man das Gewinde der Verrohrung erkennen. Man sieht es auch deutlich im 3D-Bild.

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

Die Logging-Ausrüstung wird verwendet, um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu qualifizieren und grundlegende Fachdaten wie z.B. Temperatur, Porosität, natürliche Gammastrahlung, Spannungsfeldorientierung u.v.m. zu gewinnen.

4. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Im Vorhaben wurden im Wesentlichen Personalmittel für die Forschungsaktivitäten (s.o.) und den Wissenstransfer (insbesondere Grafikerin) eingesetzt, sowie Logging-Equipment und Dienstreisen finanziert.

Ohne die Förderung hätten die oben diskutierten und hier zusammengefassten Aufgaben nicht im beschriebenen Umfang durchgeführt werden können.

5. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch die Publikationen und Transferaktivitäten können die Ergebnisse in der Wissenschaft genutzt, für die Information der Öffentlichkeit eingesetzt und zur Beratung von Bürgern, Träger öffentlicher Belange, Behörden und Ministerien verwendet werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen können Geothermievorhaben sicherer, effektiver und nachhaltiger entwickelt, gebaut und betrieben werden.

Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Die Temperaturmessungen in der Bohrung Bad Saulgau führten dazu, dass in der aktuellen Konzeption der Wärmeversorgung der Stadt Bad Saulgau die Einbindung der Bohrung GB2 z.B über eine Tiefe Erdwärmesonde vorgesehen ist. Dazu dienen die Messungen der Temperatur. Die Messungen des Bohrlochcasings sollen mit einem weiteren Softwaretool noch detaillierter ausgewertet werden

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

Generell können Bohrlochvermessungen z.B. zur Orientierung von Bohrkernen in Bohrungen angewendet werden. Dies ist notwendig für ganz unterschiedliche Untersuchungen im Untergrund, könnte z.B. auch für kritische Baugründe genutzt werden. Die Logging-Tools können darüber hinaus für Brunnenbohrungen eingesetzt werden und auch bei kritischen Oberflächennahen Geothermiebohrungen verwendet werden. So können die Bohrlochmessungen die geologische Landesaufnahme ergänzen.

6. Referenzen aus der Arbeitsgruppe zu den Themen:

Publikationen (peer review)

Ahlers, S.; Henk, A.; Hergert, T.; Reiter, K.; Müller, B.; Röckel, L.; Heidbach, O.; Morawietz, S.; Scheck-Wenderoth, M.; Anikiev, D. (2021) *3D crustal stress state of Germany according to a data-calibrated geomechanical model*, Solid Earth, 12 (8), 1777–1799. doi:10.5194/se-12-1777-

Ahlers, S.; Röckel, L.; Hergert, T.; Reiter, K.; Heidbach, O.; Henk, A.; Müller, B.; Morawietz, S.; Scheck-Wenderoth, M.; Anikiev, D. (2022) *The crustal stress field of Germany: a refined prediction*, Geothermal Energy, 10 (1), Art.Nr. 10. doi:10.1186/s40517-022-00222-6

- Breuer, S.; Schilling, F. (2020), *Quartz single crystal thermal diffusivity measurements by laser flash method: from -120 °C through the α - β phase transition to 800 °C* - Daten
doi:10.5445/IR/1000119716
- Breuer, S.; Schilling, F. R. (2021) *Anisotropic thermal transport properties of quartz: from -120 °C through the α - β phase transition*. *European journal of mineralogy*, 33 (1), 23–38.
doi:10.5194/ejm-33-23-2021
- Breuer, S.; Schwotzer, M.; Speziale, S.; Schilling, F. R. (2020) *Thermoelastic properties of synthetic single crystal portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - Temperature-dependent thermal diffusivity with derived thermal conductivity and elastic constants at ambient conditions*. *Cement and concrete research*, 137, Art. Nr.: 106199. doi:10.1016/j.cemconres.2020.106199
- Chaparro, M. C.; Klose, T.; Hirsch, A.; Schilling, F.; Butscher, C.; Blum, P. (2021) *Modelling of wellbore cement alteration due to CO_2 -rich brine interaction in a large-scale autoclave experiment*. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 110, Art.-Nr.: 103428.
doi:10.1016/j.ijggc.2021.103428
- Danisi, R. M.; Schilling, F. R. (2021) *Dehydration and lithium ion-exchange of the open framework vanadium silicate VSH-16Na*. *Microporous and mesoporous materials*, 319, Article no: 111064.
doi:10.1016/j.micromeso.2021.111064
- Huttenloch, P.; Zorn, R.; Steger, H.; Schilling, F.; Hater, W. (2021) *Performance of corrosion inhibitors on carbon steel in the geothermal environment of the Upper Rhine Graben (URG) depending on inhibitor concentration, temperature and hydrodynamic conditions - A laboratory study*. *Geothermics*, 92, Article no: 102047. doi:10.1016/j.geothermics.2021.102047
- Ismail-Zadeh, A.; Adamia, S.; Chabukiani, A.; Chelidze, T.; Cloetingh, S.; Floyd, M.; Gorshkov, A.; Gvishiani, A.; Ismail-Zadeh, T.; Kaban, M. K.; Kadirov, F.; Karapetyan, J.; Kangarli, T.; Kiria, J.; Koulakov, I.; Mosar, J.; Mumladze, T.; Müller, B.; Sadradze, N.; Safarov, R.; Schilling, F.; Soloviev, A. (2020) *Geodynamics, seismicity, and seismic hazards of the Caucasus*, *Earth science reviews*, 207, Article: 103222. doi:10.1016/j.earscirev.2020.103222
- Klose, T.; Chaparro, M. C.; Schilling, F.; Butscher, C.; Klumbach, S.; Blum, P. (2021) *Fluid Flow Simulations of a Large-Scale Borehole Leakage Experiment*. *Transport in porous media*, 136, 125–145. doi:10.1007/s11242-020-01504-y
- Morawietz, S.; Heidbach, O.; Reiter, K.; Ziegler, M.; Rajabi, M.; Zimmermann, G.; Müller, B.; Tingay, M. (2020) *An open-access stress magnitude database for Germany and adjacent regions*, *Geothermal Energy*, 8 (1), Art. Nr.: 25. doi:10.1186/s40517-020-00178-5
- Niederhuber, T.; Kruszewski, M.; Röckel, T.; Rische, M.; Alber, M.; Müller, B. (2022) *Stress orientations from hydraulic fracturing tests in the Ruhr area in comparison to stress orientations from borehole observations and earthquake focal mechanisms*, *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 173 (4), 625–635.
doi:10.1127/zdgg/2022/0352
- Otten, C., Dassler, B., Teitz, S., Iannotta, J., Eichinger, F., Seibt, A., Kuhn, D., and Würdemann, H. (2021) *Interactions between the calcium scaling inhibitor NC47.1 B, geothermal fluids, and microorganisms – results of in situ monitoring in the Bavarian Molasse Basin (Germany) and accompanying laboratory experiments*, *Advances in Geosciences*. DOI: 10.5194/adgeo-54-217-2021
- Röckel, L.; Ahlers, S.; Müller, B.; Reiter, K.; Heidbach, O.; Henk, A.; Hergert, T.; Schilling, F. (2022) *The analysis of slip tendency of major tectonic faults in Germany*, *Solid Earth*, 13 (6), 1087–1105.
doi:10.5194/se-13-1087-2022
- Gudehus, G., Lempp, C.,

Röckel, L.; Müller, B. I. R.; Ahlers, S.; Reiter, K.; Hergert, T.; Henk, A.; Heidbach, O.; Schilling, F. (2022) *3D fault sets of Germany and adjacent areas*, data-set published under doi:10.5445/IR/1000143465

Scheffzük, C., Müller, B.I., Schilling, F.R. (2022) *Depletion-induced seismicity in NW-Germany: lessons from comprehensive investigations*. Acta Geotechnica. DOI: 10.1007/s11440-022-01513-9

Tagungsbeiträge

Allgaier, F.; Busch, B.; Niederhuber, T.; Müller, B.; Hilgers, C. (2021) *Fracture network characterization and DFN modelling of the Upper Carboniferous, Ruhr Area, Germany*, GeoKarlsruhe (DGGV 2021), Karlsruhe, Deutschland, 19.–24. September 2021

Allgaier, F.; Niederhuber, T.; Quandt, D.; Busch, B.; Müller, B.; Hilgers, C. (2021) *Integrating digitized fracture data in geological 3D models, Upper Carboniferous, Ruhr area, Germany*, DGMK/ÖGEW Frühjahrstagung "Shaping the Energy Transition with Upstream and Storage Technologies" (2021), Online, 21. April 2021

Kiefer, Ernst (2023) *GIS-basierter Potenzial-Atlas für Tiefe Geothermie in Baden-Württemberg (GIS-based atlas of deep geothermal potentials in the federal state of Baden-Württemberg)* Vortrag auf der GeoTHERM 2023:

Niederhuber, T.; Müller, B. I. R.; Röckel, T.; Kalabegishvili, M.; Schilling, F.; Aberle, B. (2022) *Geomechanics in Underground Technologies for Renewable Energy supply: The example of Enguri power tunnel leakage*, DGMK/ÖGEW Frühjahrstagung 2022 – Geo-Energy-Systems and Subsurface Technologies – Key Elements towards a Low Carbon World (2022), Celle, Deutschland, 15.–16. Juni 2022

Niederhuber, T.; Müller, B. I. R.; Röckel, T.; Kalabegishvili, M.; Schilling, F.; Aberle, B. (2022) *Geomechanical explanation of the Enguri power tunnel leakage*, EGU21: European Geosciences Union General Assembly (EGU 2022), Wien, Österreich, 23.–27. Mai 2022. doi:10.5194/egusphere-egu22-11830

Niederhuber, T.; Müller, B.; Müller, L.; Röckel, T.; Schilling, F.; Allgaier, F.; Rische, M. (2021), *Slip tendency of faults and pore pressure evolution in the "Wasserprovinz Haus Aden" – Ruhr area*, GeoKarlsruhe (DGGV 2021), Karlsruhe, Deutschland, 19.–24. September 2021

Niederhuber, T.; Müller, B.; Röckel, T.; Kalabegishvili, M.; Schilling, F. (2021) *Numerical modeling of the stress state around the Enguri power tunnel*, GeoKarlsruhe (DGGV 2021), Karlsruhe, Deutschland, 19.–24. September 2021

Silva P.N., R.V.Erhan, C.Scheffzük and J.A.C.P.Gomes. *Preliminary study of residual stress distribution in high strength steel wires at EPSILON neutron diffractometer*. Condensed Matter Researches at IBR-2 neutron source, 12 - 16 October 2020, Dubna

Schilling F.R., B.I.R.Müller, V.V.Sikolenko, *EPSILON - German time-of-flight high resolution diffractometer at the high flux pulsed IBR-2 reactor: current state and scientific applications*. German Neutron Scattering Conference, 8 - 10 December 2020, Garching

Stricker, K. R.; Schimschal, S.; Müller, B.; Wessling, S.; Bender, F.; Kohl, T. (2021) *New insights on the origin of borehole breakouts from LWD observations*, 14. Celle Drilling - International Conference and Exhibition for Advanced Drilling Technology (2021), Online, 14. September 2021