

Technische Universität München
Offenes Verfahren
Beschreibung der Beschaffung und des Verfahrens

Inhalt

1	Gegenstand und Problemstellung.....	3
2	Leistungsbeschreibung.....	3
2.1	Allgemeine Mindestanforderungen.....	3
2.2	Technische Anforderungen	4
3	Beschreibung Web-App.....	4
4	Art und Umfang der Leistungserbringung	6
4.1	Verlauf und Abschluss des Projekts:	6
4.2	Budget und Zeitplan	7
5	Darstellung und Übergabe der Ergebnisse	7
6	Anforderungen an den Auftragnehmer und das einzusetzende Personal	7

Programmierung einer Webanwendung zur Bewertung der tiefen hydrogeothermischen Energie in Bayern im Rahmen des Projekts BeM-TG.

1 Gegenstand und Problemstellung

Der Lehrstuhl für Hydrogeologie der TUM leitet das Forschungsprojekt BeM-TG Bayern (Projektlaufzeit 01.01.2024–31.12.2027, gefördert vom Bayerischen Landesamt für Umwelt), dessen Ziel die Entwicklung eines umfassenden, flächendeckenden Bewertungsmodells für die Nutzung hydrothermaler Tiefengeothermie im bayerischen Teil des Molassebeckens ist.

Das übergeordnete Ziel besteht darin, Genehmigungsbehörden und Planungsakteuren ein wissenschaftlich fundiertes, anwenderorientiertes Instrument zur Verfügung zu stellen, das eine effiziente und nachhaltige Bewertung von Tiefengeothermieprojekten ermöglicht. Das Projekt ist in fünf Arbeitspakete (WP 0–5) gegliedert und umfasst eine enge Zusammenarbeit mit Partnerinstitutionen, darunter die LfU Bayern, die Geothermal Alliance Bavaria (GAB) sowie assoziierte Projekte (GIGA-M, BORIS, GeoChance).

Im Rahmen des Arbeitspakets 4 (WP 4) soll ein modulares, webbasiertes Bewertungsinstrument (BeM-TG Web-App) entwickelt werden. Die technische Umsetzung und Programmierung dieses Instruments sollen als Unterauftrag vergeben werden. Die wissenschaftlichen und konzeptionellen Grundlagen, einschließlich des Anforderungskatalogs, des Datenmodells, der Bewertungskriterien und der Anwendungsszenarien, werden von der TUM (WP 1 und WP 2) erarbeitet und dem Auftragnehmer als Spezifikationen zur Verfügung gestellt. Der maximale Pauschalbetrag für das gesamte Projekt darf nicht übersteigen 290.000,00 € (inklusive Umsatzsteuer und etwaiger weiterer anfallender Gebühren und Auslagen, etc.).

2 Leistungsbeschreibung

2.1 Allgemeine Mindestanforderungen

Der Auftragnehmer hat eine modulare, benutzerorientierte Webanwendung zu entwickeln, die folgende Kernfunktionen bietet:

- Darstellung und Abfrage eines GIS-basierten Datenmodells, das die Untergrunddaten des Reservoirs aus dem Oberjura (Malm) im bayerischen Molassebecken abdeckt
- Visualisierung von Daten (Statische Layer (Rasterdaten, Punktdaten, Linien, etc.), dynamische Modellierungsergebnisse, etc.)
- Durchführung einer Nachbarschaftsbohrung-analyse (Off Set Well Analysis) zur Ableitung einer Prognose für bestimmte Reservoirparameter und Informationen
- Durchführung einer analytischen Bewertung der Standorteignung und des hydrogeothermischen Nutzungspotenzials auf der Grundlage festgelegter Kriterien und Anwendungsszenarien
- Einbindung vereinfachter analytischer Modelle für die thermohydraulische Prognose
- Integration von KI- bzw. Surrogatmodell-Methoden
- Modulare Architektur, die vielfältige Anwendungsszenarien unterstützt
- Implementierung von herunterladbaren Berichten zu Punktdaten und analytischen Auswertungen.
- Die Anwendung soll konzeptionell auf der im Rahmen eines früheren TUM-Projekts entwickelten GEO.KW Web-App aufbauen und deren Design-Erfahrungen sowie technische Ansätze einbeziehen.

2.2 Technische Anforderungen

- Webbasierte Struktur (über den Browser zugänglich, keine lokale Installation seitens der Endnutzer erforderlich)
- Responsive, intuitive Benutzeroberfläche für Genehmigungsbehörden
- GIS-Integration (Kartenanzeige, räumliche Abfragen)
- Datenbankbindung (Verwaltung und Aktualisierung von Basisdatensätzen) (in Zusammenarbeit mit Projektpartnern)
- Import-/Export-Schnittstellen für relevante Datentypen (z. B. Bohrlochdaten, Lagerstättenparameter) (in Zusammenarbeit mit Projektpartnern)
- Verwendung allgemeiner, offener Datenformate; proprietäre Formate nur in Absprache mit dem Auftraggeber
- Gut dokumentierter, gut wartbarer Quellcode (vorzugsweise Python)
- Vollständige Übergabe des Quellcodes und der technischen Dokumentation an die TUM nach Abschluss des Projekts

3 Beschreibung Web-App

Das fertige Web-App-Produkt des BeM-TG-Projekts wird eine Toolbox für den internen Gebrauch des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) und der Bergbehörde sein. Die externe Nutzung durch Planungsbüros oder die Öffentlichkeit ist optional. Die interne Nutzung der BeM-TG-Toolbox basiert auf einer umfassenden Datenbank, die im Laufe des Projekts erstellt und in ein Datenmodell integriert wird. Dieses Datenmodell dient als Grundlage für Reservoirmodelle und wird in der Auswertungslogik der Datenauswertung verwendet. Diese beiden parallelen Ansätze ermöglichen eine Risikobewertung und die Bewertung von Unsicherheiten hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen bestehenden und geplanten Anlagen, Bohrrisiken, Lagerstättenpotenzial und seismischem Risiko. Die Ergebnisse müssen in einem internen Viewer einsehbar sein. Inwieweit diese Ergebnisse auch für die externe Nutzung zur Verfügung gestellt werden, wird im Laufe des Projekts unter Berücksichtigung technischer und datenschutzrechtlicher Einschränkungen geklärt.

BeM-TG: Struktur des Bewertungsmodells für Tiefengeothermie

Von der Datenbasis zur behördlichen Bewertung – mit optionaler externer Nutzung

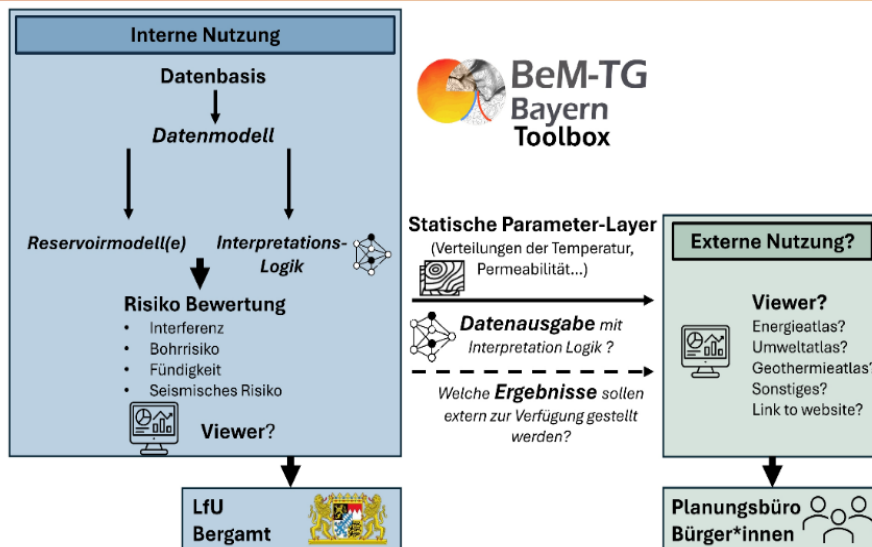


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der BeM-TG Bayern Toolbox für die interne Nutzung am Bayerischen Landesamt für Umwelt und operationaler externen Nutzung

Ziel ist es, eine Datenbank bereitzustellen. Diese qualitätsgesicherte und umfassend aufbereitete Datenbank soll das Genehmigungsverfahren für die Nutzung tiefer hydrogeothermischer Ressourcen in Bayern erleichtern und beschleunigen. Die Web-App wird eine Prognose für verschiedene Parameter an einem Standort liefern, den der Nutzer auf der Karte oder anhand von Koordinaten auswählt.

• Modulares Konzept

Die Web-App muss auf Basis einer modularen Architektur entwickelt werden. Die Kernmodule sind das Modul „Produktionsprognose“ und das Modul „Interferenzprognose“ (beide obligatorisch) sowie das Modul „Bohrrisiko“ und das Modul „Seismizität“. Jedes Modul folgt einer eigenen Logik und eigenen Datenverarbeitungsabläufen.

• Datenbasis

Die Datenbank enthält eine Vielzahl von Datentypen, darunter Bohrlochdaten einzelner Bohrlöcher sowie räumliche Verteilungen dieser Daten. Alle Daten müssen zum Download zur Verfügung stehen (Rohdaten, prozessierte Daten und die räumliche Verteilung der Daten). Die Daten (z. B. Förderrate, Fördertemperatur, Durchlässigkeit, Porosität) müssen abrufbar sein und in Echtzeit verarbeitet und interpretiert werden können, gesteuert durch ein von der TUM entwickeltes logisches Verarbeitungsschema.

• Statische Daten

Statische Daten müssen in der Kartenübersicht dargestellt werden (z. B. räumliche Verteilung der Durchlässigkeit, Porosität usw.), wobei verschiedene Darstellungsarten zur Verfügung stehen müssen (geologisches 3D-Modell (Bohrlochprofile, Querschnitte) und 3D-Darstellung von Temperaturmessungen ...). Darüber hinaus müssen Informationen zu statischen Daten für jeden beliebigen Standort abfragbar und herunterladbar sein.

• Benachbarte Bohrungen - Offset Wells:

Benachbarte Bohrungen (Offset Wells) sind eine wichtige Informationsquelle für Prognosen im Reservoir. Zu den relevanten Parametern zählen: Pth/el, Förderrate, Fördertemperatur, Injektionstemperatur, Injektionsrate, Produktivitätsindex, Tiefe bis zur Oberkante des Reservoirs, Porosität, Reservoirtemperatur an der Oberkante des Malms, Reservoirmächtigkeit, Transmissibilität,

seismische Daten usw. Die Auswahl von Offset-Daten für die Prognose muss sowohl durch manuelle Auswahl durch den Nutzer als auch durch eine von der TUM entwickelte Logik möglich sein, die vom Softwareunternehmen in den Code implementiert wird. Offset-Daten werden als Rohdaten und interpretierte Daten bereitgestellt und können in der App angezeigt oder heruntergeladen werden. Darüber hinaus werden die Daten in die Prognose einbezogen, indem sie in den Kontext der beckenweiten Trends der Lagerstättenparameter gestellt werden.

- **Beckenweite Trends:**

Die Offset-Bohrungsdaten müssen mit den Beckenweiten Trends verglichen werden, dazu werden die Trends als Plot dargestellt (Tiefe-Transmissibilität, Tiefe-Porosität, etc.) und die Datenpunkte der Offset-Daten im Trend hervorgehoben. Zusätzlich müssen die Daten der Standortabfrage im Plot dargestellt werden.

- **Interferenz Prognose**

Die Bewertung von Interferenzen zwischen bestehenden geothermischen Anlagen und geplanten Projekten erfolgt je nach Verfügbarkeit und Qualität der Eingabedaten mithilfe numerischer Reservoirmodelle, analytischer Methoden oder KI-basierter Surrogate-Modelle. Zur Vorhersage der Druck- und Temperaturverteilungen unter den aktuellen Betriebsbedingungen muss ein großskaliges Reservoirmodell (entwickelt von TUM und LfU) verwendet werden, dessen Ergebnisse in die Web-App integriert werden. Um eine schnelle Szenariobewertung und Prognosen nahezu in Echtzeit zu ermöglichen, müssen zudem analytische Modelle und KI-basierte Ersatzmodelle (entwickelt in Zusammenarbeit mit der TUM) in die Anwendung integriert werden.

- **Qualitätsbewertung der Daten**

Alle Daten in der Datenbank werden von der TUM einer Qualitätsbewertung unterzogen. Die Qualitätsbewertung wird bei jeder Datenausgabe angezeigt. Eine von der TUM entwickelte Logik zur Qualitätsbewertung muss in die Web-App integriert werden, um die Datenqualität bei jeder Prognoseanfrage zu bewerten.

- **Verschiedene Benutzerkategorien**

Die erste Version der Web-App wird ausschließlich Behörden zugänglich sein. Die Architektur muss jedoch die zukünftige Einbindung verschiedener Benutzergruppen mit unterschiedlichen Zugriffsrechten ermöglichen.

- **Prognoseergebnis**

Die Prognoseausgabe pro Modul muss so gestaltet sein, dass sie auf den ersten Blick einen intuitiven Überblick bietet, um einen schnellen und einfachen Zugriff zu ermöglichen. Darüber hinaus muss ein detaillierter Analysebericht zum Herunterladen verfügbar sein, welcher umfassende Informationen zur Datenqualität, zur Datendichte für die Prognose sowie zu den durchgeführten Verarbeitungsschritten enthält.

- **Updating**

Bis zum Abschluss des Projekts wird ein erstes Bewertungstool fertiggestellt sein. Eine nachhaltige Nutzung der BeM-TG-Toolbox ist jedoch nur möglich, wenn kontinuierlich neue Daten integriert werden. Nur so kann die Validität der Bewertungsergebnisse gewährleistet werden. Es muss sichergestellt werden, dass die Aktualisierung der verwendeten Daten jederzeit so einfach wie möglich ist.

4 Art und Umfang der Leistungserbringung

4.1 Verlauf und Abschluss des Projekts:

Die Programmierung und Umsetzung der BeM-TG-Web-App muss im Rahmen der Projektlaufzeit „BeM-TG Bayern“ (bis Ende 2027) abgeschlossen werden. Dabei müssen die unter „2. Leistungsbeschreibung“ aufgeführten Punkte umgesetzt und getestet werden. Die detaillierten Anforderungen an die Webanwendung wurden aufgeführt und die zur Integration angedachten Datensätze bereits zum Teil aufgelistet. Hier müssen zu Beginn der Programmierung noch nähere Absprachen mit dem Auftragnehmer erfolgen.

4.2 Budget und Zeitplan

Der Auftragswert über den gesamten Projektzeitraum darf 290.000,00 € nicht überschreiten (inklusive Umsatzsteuer und etwaiger weiterer anfallender Gebühren und Auslagen, etc.). Vorauszahlungen vom Auftraggeber an den Auftragnehmer sind nicht möglich. Erbrachte Teilleistungen können jeweils abschlagsmäßig vergütet werden. Die Abrechnung soll zum Ende jeden Meilensteins per Rechnung an den Auftraggeber erfolgen. Die jeweiligen Meilensteine werden nach Auftragserteilung mit dem Auftragnehmer festgelegt.

Die Auftragsbearbeitung beginnt mit der Zuschlagserteilung. Im Anschluss an die Zuschlagserteilung findet das Auftaktgespräch statt. Die detaillierte Aufstellung des weiteren Zeitplans für die Bearbeitung ist Aufgabe des Auftragnehmers.

Die Web-App und der Schlussbericht müssen bis zum 30.10.2027 fertiggestellt sein. Das Endergebnis, Quellcode, Lizenzen und Dokumentation werden dem Auftraggeber bis spätestens 15.11.2027 übergeben. Das Projekt BeM-TG endet am 31.12.2027. Die letzte Rechnung wird spätestens am 30.11.2027 gestellt.

5 Darstellung und Übergabe der Ergebnisse

Es muss eine voll funktionsfähige Software („schlüsselfertige Übergabe“) geliefert werden. Ein Fehler- und Qualitätsmanagement muss vorhanden sein. Alle Komponenten, Templates und Skripte sind zu dokumentieren und mit Anmerkungen zu versehen, so dass eine spätere Bearbeitung möglich ist. Soweit Lizenzen, Handbücher, CDs im Rahmen des Auftrags erworben werden, sind diese an die TUM auszuhändigen. Der Quellcode und die Verwertungsrechte am Quellcode, die im Rahmen des Auftrages erstellt werden, gehören vollständig und ausschließlich der TUM. Sollten Bilddateien im Rahmen des Auftrages erstellt werden, sind diese der TUM in einem bearbeitbaren Format zur Verfügung zu stellen. Die Rechte am Bild und zur weiteren Überarbeitung werden der TUM vollständig übertragen.

6 Anforderungen an den Auftragnehmer und das einzusetzende Personal

- Der Auftraggeber ist vom Auftragnehmer laufend über den Stand der Arbeit zu informieren, dies erfolgt im Rahmen eines monatlichen Meetings.
- Dem Angebot ist eine Personaleinsatzplanung mit Ausweis der Einsatzintensitäten und Stundensätze beizulegen, soweit die Leistungsbeschreibung dies zulässt.
- Der Auftragnehmer benennt für den Zeitraum der Beauftragung einen festen Ansprechpartner und einen Stellvertreter für den Fall eines teilweisen oder gänzlichen Ausfalls des festen Ansprechpartners, jeweils unter Angabe von Namen, Vornamen, Berufsbezeichnung und Büroadresse während der Auftragsbetreuung.