

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

Publizierbarer Endbericht

Modul 1 und 2 – Grundlegende Vorstudien und Machbarkeitsstudien

Hinweis: Mit dem Förderprogramm Tiefengeothermie werden Vorstudien und Machbarkeitsstudien aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert. Ein wesentliches Anliegen des Klima- und Energiefonds ist es, die Ergebnisse aus den geförderten Projekten einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen. Das vorliegende Formular wird auf der Webseite des Klima- und Energiefonds veröffentlicht.

Interpretierte Daten aus den geförderten Projekten zu Reservoireigenschaften (geologische, geohydraulische und thermische Parameter) sowie chemische Eigenschaften des Fluids sind dem Klima- und Energiefonds in maschinenlesbarer Form für eine künftige Publikation in einem öffentlichen Geodatenrepository zu übermitteln (siehe Details dazu im Förderungsvertrag).

A) Angaben zur Studie

Allgemeines zur Studie	
Studientitel:	Tiefengeothermie Vorstudie – Wärmeversorgung Klagenfurt
Modul (Modul 1 Grundlegende Vorstudien oder Modul 2 Machbarkeitsstudien)	Modul 1 – Grundlegende Vorstudie
Antragsteller:in	Stadtwerke Klagenfurt AG
Kontaktperson Name:	Moritz Hofbauer
Kontaktperson Adresse:	Morogasse 37 / 9020 Klagenfurt am Wörthersee
Kontaktperson Telefon:	+43 664 80521 7815
Kontaktperson E-Mail:	moritz.hofbauer@stw.at
Projekt- / Kooperationspartner:in/ Planer:in:	/
Geplanter Standort der Geothermieanlage:	Klagenfurt am Wörthersee
Fördersumme:	20.000,00€

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

Allgemeines zur Studie	
Start und Fertigstellung der Studie:	01.09.2024 bis 31.05.2025
Erstellt am:	01.09.2025

B) Studieninhalt

Hintergrund

Grundlegende Vorstudien sollen als Basis einer Projektentwicklung für eine tiefengeothermische Anwendung für potenzielle Standorte dienen, an denen bislang keine oder nicht ausreichend Untersuchungen zu tiefengeothermischen Nutzungsmöglichkeiten durchgeführt worden sind. Im Wesentlichen baut die Vorstudie auf bereits vorhandene Daten und Informationen über den Untergrund sowie über den lokalen Energiebedarf auf.

Die Machbarkeitsstudien sollen die Umsetzungsmöglichkeit von tiefengeothermischen Anlagen zur energetischen Nutzung des vorhandenen geothermischen Potentials für einen festgelegten unterirdischen Untersuchungsgebiet prüfen/untersuchen. Vorausgesetzt wird, dass die Informationen gemäß den Anforderungen aus dem Modul 1 bereits vorhanden sind.

1 Kurzfassung

(max. 2 Seiten)

Kurze Darstellung des Projekts, Zusammenfassung der wesentlichen Projektergebnisse qualitativ und quantitativ. Welche Schlussfolgerungen können aus der Studie abgeleitet werden, welche Empfehlungen können gegeben werden?

Mit dem Ziel die Fernwärmeerzeugung in Klagenfurt in den nächsten Jahren auf 100% Nachhaltigkeit anzuheben und diese vollkommen nachhaltige Erzeugung auch in den nächsten Jahrzehnten erhalten zu können, stellt die Nutzung tiefengeothermischer Energie mitunter eine zentrale Zukunftstechnologie dar. Ziel dieser Vorstudie ist es, die Grundlagen für eine mögliche geothermische Nutzung im Raum Klagenfurt zu erarbeiten. Im Fokus stehen dabei die Evaluierung geologischer und hydrochemischer Rahmenbedingungen sowie die Prüfung der technischen Machbarkeit einer Tiefengeothermieanlage unter Berücksichtigung der regionalen Energieversorgungssituation.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Gebiet des Klagenfurter Beckens rund um die Stadt Klagenfurt am Wörthersee – einer bislang nur unzureichend erkundeten Region mit begrenztem Datenmaterial zu geologischen und geophysikalischen Eigenschaften. Die Vorstudie dient als Basis für eine detailliertere Projektentwicklung und zielt darauf ab, bestehende Informationen über den Untergrund, thermische Verhältnisse und den lokalen Wärmebedarf zu konsolidieren, Lücken zu identifizieren und Empfehlungen für weitere Untersuchungen abzuleiten.

Im Zuge des Projektes wurden als erste Erkenntnis potenzielle hydrothermale Tiefengrundwasserleiter identifiziert, die in Gesteinen an geologischen Störungszonen der Gurktaler Decke – dem prätertiären Basement des Klagenfurter Beckens – auftreten. Zudem bestätigte sich, dass die geologischen Daten aus größerer Tiefe im Umfeld der Stadt Klagenfurt, wie bereits vermutet, nur in sehr geringem Umfang vorliegen. Aus diesem Grund wurde der Untersuchungsbereich auf das gesamte Klagenfurter Becken ausgeweitet. Außerdem wurde mit den vorhandenen Datensätzen vorerst ein geringerer Temperaturgradient als der durchschnittliche, welche sich bei rund 3°C / 100m befindet, abgeschätzt. Eine erfolgreiche Thermalwassererschließung in den Tiefen des Klagenfurter Beckens setzt grundsätzlich aber voraus, dass ergiebige, gut durchlässige Gesteine vorhanden sind. Zur Klärung dieser Frage bedarf es jedoch noch weiterer umfangreicher Untersuchungen.

Dazu wurden als gezielte nächste Schritte weiterführende Arbeiten wie eine

- Geologische Machbarkeitsstudie inkl. der Auswertung vorhandener Datensätze sowie Erstellung eines ersten Übersichtsmodells,
- Aufnahmen von neuen reflexionsseismischen Profilen,
- Aufnahme von neuen gravimetrischen Datensätzen (Aero-Geophysik),
- Aufnahmen von passiven Seismiksatzen sowie
- Durchführung einer Explorationsbohrung

empfohlen.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

2 Recherche und technische Analyse

Darstellung der Ausgangslage und der im Zuge der Studie durchgeführten Aktivitäten und gewonnenen Kenntnisse.

- a) *Beschreibung von Ausgangslage, Aufgabenstellung und Zielsetzung für die Studie*
- b) *Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen/Recherchen sowie der Analysenergebnisse bezüglich des Untergrunds (Wissens- und Datenlücken aufweisen)
(z.B. geologischer Schichtenaufbau, existierende Bohrprofile, 3D-Modelle, tektonische Verhältnisse, geophysikalische Messungen, reflexionsseismische Messungen, hydraulische Parameter, hydrogeochemische Eigenschaften des Thermalwassers, Temperaturniveaus, Bohrlochmessungen)*
- c) *Beschreibung des Konzepts für die Beschaffung erforderlicher Daten*

Im Zuge einer Machbarkeitsstudie zusätzlich:

- a) *Beschreibung der durchgeführten Maßnahmen und Analysenergebnisse zum konzeptionellen geothermischen Modell*
- b) *Darstellung der Analyseergebnisse in 2D und/oder 3D – Modellierungen, bzw. Horizontal- und Vertikalschnitte*

a) Ausgangslage, Aufgabenstellung und Zielsetzung für die Studie

Um die Fernwärmeerzeugung in Klagenfurt in den kommenden Jahren vollständig auf nachhaltige Energiequellen umzustellen und diese Versorgung auch langfristig zu sichern, gilt die Nutzung tiefengeothermischer Energie als eine Schlüsseltechnologie der Zukunft. Ziel dieser Vorstudie ist es, die Grundlagen für einen möglichen geothermischen Einsatz im Raum Klagenfurt zu schaffen. Im Mittelpunkt stehen dabei die Analyse der geologischen und hydrochemischen Rahmenbedingungen sowie die Prüfung der technischen Realisierbarkeit einer Tiefengeothermieanlage unter Einbeziehung der regionalen Energieversorgungssituation.

Das Projektgebiet rund um die Stadt Klagenfurt liegt generell in einem geologisch unterexplorierten Becken mit einer geringen Anzahl an Bohrungen und geophysikalischen Messungen. Im Bereich des Klopeinersees wurden mehrere reflexionsseismische und refraktions-seismische Profile in den 1980er Jahren aufgenommen. In diesem Gebiet gibt es mit zwei Bohrungen auch Informationen über den Untergrund. Jedoch erreichte keine dieser Bohrungen den Beckenuntergrund. Westlich davon sind keine tieferen Bohrungen bekannt.

Das Klagenfurter Becken ist grundsätzlich ein weitläufiges intramontanes Becken, dessen Entstehung mit der späten alpidischen Orogenese und einer Vielzahl von Störungszonen in Zusammenhang steht. Diese Störungen durchziehen und begrenzen das Becken und führen zu einer relativen Absenkung in Richtung der Periadriatischen Naht (PAL). In Bezug auf die westlichen Sattnitzberge und speziell das Turiawald-Plateau konnte im Zuge von Lineament-Analysen festgestellt werden, dass die Hauptstörungszonen, welche das Klagenfurter Becken

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

durchziehen und teilweise mit der Strike-Slip-Tektonik der PAL assoziiert sind, ebenfalls ihre Spuren auf und in den bis zu 200 m mächtigen Konglomeraten hinterlassen haben.

Der geothermische Gradient, welcher in Österreich im Durchschnitt bei ca. 3°/100 m liegt, könnte aufgrund der nicht vorhandenen geologischen Informationen unter Umständen auch höher sein. Möglicherweise vorhandene Störungssysteme im Klagenfurter Becken können sich auch positiv auf die Schüttung von zukünftigen Bohrungen auswirken und so könnte das Klagenfurter Becken eine hohe Eignung für eine Tiefengeothermieanlage haben.

Für das Klagenfurter Becken wurden von Steinhäuser et al. (1980) und Weber (1984) gravimetrische Aufnahmen durchgeführt. Aus diesen Daten können prinzipiell erste räumliche Abschätzungen der Beckentiefe durchgeführt werden. Allerdings muss die horizontale Erstreckung der gravimetrischen Messungen erst erhoben werden.

Im Zuge dieses Forschungsprojekts sollen die oben beschriebenen Daten gesammelt werden und erstmals eine einfache Interpretation durchgeführt werden. Zusätzlich soll in den Archiven der GeoSphere Austria und des Landes Kärntens eine Recherche nach eventuell anderen vorhandenen Daten durchgeführt werden um diese Daten dann ebenfalls im Projekt integrieren zu können. Die Lage der vorhandenen Daten werden außerdem visualisiert um damit Bereiche mit minderer Datenabdeckung zu identifizieren und somit Empfehlungen für weitere Untersuchung zur Schließung dieser Datenlücken auszusprechen.

Ziel dieser Vorstudie ist es, die Grundlagen für eine mögliche geothermische Nutzung im Raum Klagenfurt zu erarbeiten. Im Fokus stehen dabei die Evaluierung geologischer und hydrochemischer Rahmenbedingungen sowie die Prüfung der technischen Machbarkeit einer Tiefengeothermieanlage unter Berücksichtigung der regionalen Energieversorgungssituation.

b) Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen/Recherchen sowie der Analyseergebnisse bezüglich des Untergrunds

Im Zuge der Grundlegenden Vorstudie für eine mögliche Tiefengeothermieanlage im Bereich der Stadt Klagenfurt, wurde das Hauptaugenmerk bezüglich des Untergrunds auf eine tiefgründige Literaturrecherche gelegt. Hintergrund ist zum einen der Projektstand, welcher noch ganz am Anfang anzusiedeln ist und zum anderen gilt es sich einen grundlegenden Überblick, über das bereits vorhandene geologische Wissen im Klagenfurter Becken, zu schaffen.

In dieser Literaturrecherche wurden öffentlich zugängliche wissenschaftliche Beiträge verschiedener Journale sowie interne Berichte von JOANNEUM RESEARCH gesammelt und ausgewertet. Das Ergebnis aus dieser Recherche bestätigte die bereits im Vorfeld aufgestellte Hypothese. So liegen geologische Daten aus größerer Tiefe im Umfeld der Stadt Klagenfurt nur in sehr geringem Umfang vor. Aus diesem Grund wurde der Untersuchungsbereich vom

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

ursprünglichen Gebiet rund um die Stadt Klagenfurt auf das gesamte Klagenfurter Becken ausgeweitet.

In Kärnten stehen abgesehen von Tiefbohrungen der Kohleexploration in einzelnen Beckenregionen (insbesondere im Lavanttal) lediglich Bohrungen mit einer allgemein niedrigen geothermalen Informationsgüte vor. Es existiert zwar eine nicht unerhebliche Anzahl an Erkundungsbohrungen der Mineral- und Erzexploration, die jedoch in der Regel keine Messdaten über das terrestrische Temperaturfeld aufweisen. In dieser Region sind jedoch natürliche Thermalwasseranomaliezonen (z.B. Warmbad Villach, Bad Weißenbach, Bad Kleinkirchheim) vorhanden, die durch Thermalwasserbohrungen und Thermalwasserbrunnen erschlossen worden sind und im Allgemeinen eine hohe Informationsdichte aufweisen. Trotzdem sind im Klagenfurter Becken nur wenige Tiefbohrungen vorhanden. Die Bohrung St. Kanzian Thermal 1 ist die einzige Bohrung, die den präneogenen Beckenuntergrund in Form des Korralpe-Wölz-Deckensystems erbohrt hat. Die einzige tiefe Bohrung, welche vermutlich überwiegend im Festgestein der Gurktaler Decke verläuft, befindet sich im Norden des Klagenfurter Beckens und folglich auch außerhalb des Untersuchungsgebietes.

Zu den gefundenen geologischen Schnitten muss man sagen, dass grundsätzlich solche meist geophysikalischen Messungen (Seismik, Geoelektrik, Gravimetrie, udgl.), geologische Aufnahmen an der Geländeoberfläche (Karten) sowie Information von Bohrungen als Grundlage aufzuweisen haben. All diese Informationsquellen sind im Klagenfurter Becken sehr rar und daher muss man die wenigen vorhandenen geologischen Schnitte als sehr vereinfachte Modellvorstellung, welche keine Verifizierung mit der tatsächlichen geologischen Situation aufzuweisen haben, ansehen.

Im Projekt wurden dennoch als erste Erkenntnis potenzielle hydrothermale Tiefengrundwasserleiter identifiziert, die in Gesteinen an geologischen Störungszonen der Gurktaler Decke – dem prätertiären Basement des Klagenfurter Beckens – auftreten. Außerdem wurde mit den vorhandenen Datensätzen ein geringerer Temperaturgradient als der durchschnittliche, welcher sich bei rund $3^{\circ}\text{C} / 100\text{m}$ befindet, vorerst identifiziert. Grundlegend sei jedoch gesagt, dass eine erfolgreiche Thermalwassererschließung in den Tiefen des Klagenfurter Beckens voraussetzt, dass ergiebige, gut durchlässige Gesteine vorhanden sind. Zur Klärung dieser Frage bedarf es jedoch noch weiterer umfangreicher Untersuchungen, welche als Empfehlungen für weitere Maßnahmen aufgelistet wurden.

c) Beschreibung des Konzepts für die Beschaffung der erforderlichen Daten

In einer folgenden Machbarkeitsstudie sollen die geologischen und insbesondere hydrogeologischen Verhältnisse untersucht, Reservoirtemperaturen abgeschätzt sowie Ergiebigkeit und thermische Leistungsfähigkeit bewertet werden. Dazu ist die Aufbereitung

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

und geologische Neubewertung vorhandener geophysikalischer Daten erforderlich. Auf dieser Grundlage werden neue Karten, Profilschnitte und ein erstes Übersichtsmodell des Klagenfurter Beckens erstellt.

Um den tieferen Untergrund des Klagenfurter Beckens in Form des Gurktaler Deckensystems vor allem strukturell beschreiben zu können werden folgende geophysikalische Untersuchungen in Betracht gezogen:

- 1) Reflexionsseismik: Einerseits sollen die vorhandenen Informationen aus Bohrungen im Osten des Klagenfurter Beckens genutzt werden um neue seismische Aufnahme in ihrer geologischen Interpretation kalibrieren zu können. Daher wird ein Seismikprofil zur Verbindung der beiden Bohrungen im Osten des Klagenfurter Beckens in Betracht gezogen. Andererseits ist die Geometrie des Klagenfurter Beckens, vor allem südlich der Stadt Klagenfurt, für eine geothermische Erschließung von vorrangiger Bedeutung. Hier wird ein Seismikprofil im Norden der Stadt Klagenfurt bis nach Süden in die Karawanken anzustreben sein. Weiter im Osten ist ein paralleles Seismikprofil empfehlenswert. Mit diesen drei Seismikprofilen kann die Geometrie seismisch visualisiert werden.
- 2) Gravimetrie: Auf Basis von gravimetrischen Untersuchungen kann auf die Tiefenlage und damit verbunden auf die Geometrie großflächig modelliert werden. Damit kann im Beckenmaßstab der zentrale und östliche Teil des Klagenfurter Beckens untersucht werden. Die Möglichkeiten von gravimetrischen Aufnahmen und Modellierung haben sich in den letzten Jahren wesentlich weiterentwickelt und werden in sehr datenarmen Untersuchungsgebieten für Tiefengeothermie vermehrt international eingesetzt. Methoden wie „Full Tensor Gravity Gradiometry“ werden aus Flugzeugen oder Hubschraubern (Airborne Gravimetry) gemessen und mit modernen Softwarepaketen modelliert. Diese Methode ist grundlegend empfehlenswert bedingt jedoch einer intensiven Vorbereitung der Messungen sowie Auswertungen vorhandener Daten für die Planung.
- 3) Passive Seismik: Die passive seismische Tomographie ist eine Methodik, die seismisches Umgebungsrauschen nutzt, um ein hochauflösendes dreidimensionales tomografisches Bild des tieferen Untergrunds zu erstellen. Neben Erdbeben (Nahbeben, Fernbeben) kommen auch andere natürliche oder menschengemachte Erschütterungs-Quellen in Frage und können passiv-seismisch genutzt werden. Diese werden in der Regel als Bodenunruhe, noise oder ambient noise zusammengefasst. Eine Auswertemethode ist z.B. 'ambient noise interferometry'. Hierbei kann durch ein Korrelationsverfahren jeder Erschütterungsempfänger in eine virtuelle Quelle umgewandelt werden, von der dann die seismischen Wellen ausgehen. Im Wesentlichen werden Geschwindigkeitsverteilungen von Scherwellen in unterschiedlichen Tiefenabschnitten modelliert. Daraus wird versucht, ein geologisches Übersichts-Strukturmodell abzuleiten.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

3 Angaben zur Tiefengeothermieanlage

Beschreibung zu der geplanten Geothermieanlage

- a) *Beschreibung der Wahl des Untersuchungsgebiets*
- b) *Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen/Recherchen sowie der Analyseergebnisse zur lokalen Versorgungssituation*
 - *Lokale Energiebedarfssituation (Heizleistungen, Vor-/Rücklauftemperaturen)*
 - *Vorhandene Wärmequellen*
 - *Möglichkeiten der Gesamtsystemoptimierung (Abwärmenutzung, kaskadische Nutzung etc.)*
 - *Möglichkeiten für industrielle Prozesse*
 - *etc.*

Im Zuge einer Machbarkeitsstudie zusätzlich:

- c) *Beschreibung der durchgeführten Maßnahmen sowie der Analyseergebnisse zum geothermischen Nutzungskonzept*
- d) *Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen/Recherchen sowie der Analyseergebnisse zu den möglichen geologischen, technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Risiken des Tiefengeothermie-Projektes*

a) *Beschreibung der Wahl des Untersuchungsgebiets*

Das Untersuchungsgebiet der Grundlegenden Vorstudie für eine Tiefengeothermieanlage der Stadtwerke Klagenfurt AG umfasst eine Fläche von rund 8.000 Hektar und befindet sich im Raum des Klagenfurter Beckens. Aufgrund der geographischen Lage des Stadtgebietes von Klagenfurt am Wörthersee und somit des Fernwärmenetzes, welches sich auf das gesamte Stadtgebiet erstreckt, liegt das Hauptaugenmerk, für den Standort einer zukünftigen Geothermieanlage, im Osten der Stadt. Hier sind zum einen genügend Freiflächen und zum anderen topologische Vorteile aufzufinden. So begrenzt im Westen der Wörthersee, im Süden die Sattnitzberge und im Norden einerseits die Ausdehnung der Stadt sowie andererseits die Erhebungen rund um den Maria Saaler Berg das in Frage kommende Projektgebiet. Auf Grund dieser vorherrschenden Gegebenheiten wird das Untersuchungsgebiet, welches in der nachfolgenden *Abbildung 1* in Rot dargestellt ist, auf die genannten Ausdehnungen ausgehend vom Wörthersee in Richtung Osten auf Höhe der Ortschaft Grafenstein festgelegt

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

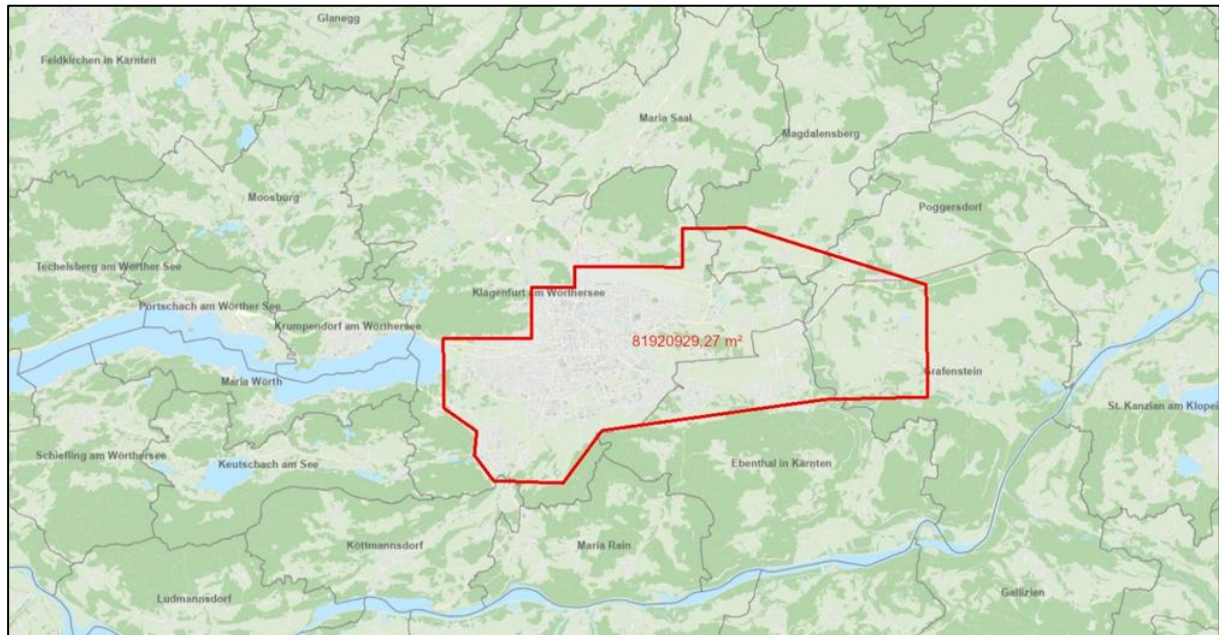


Abbildung 1: Zu Beginn der Studie geplantes Untersuchungsgebiet mit einer Fläche von ca. 8000 Hektar (Quelle: Eigene Darstellung, 2024)

a) Beschreibung der durchgeführten Untersuchungen / Recherchen sowie der Analyseergebnisse zur lokalen Versorgungssituation

Da die grundlegende Wärmeversorgungssituation der Stadt Klagenfurt durch das eigens betriebene Fernwärmenetz bestens bekannt ist, wurde im Zuge der Untersuchungen zur lokalen Versorgungssituation zwei unterschiedliche Softwaretools – dem von den Stadtwerken Klagenfurt entwickelten Tool und dem City Energy Analyst (CEA) – zur Berechnung des Wärmebedarfs – sowohl auf Gebäude- als auch auf Quartiersebene miteinander verglichen. Ziel dieses Abgleichs war es, das von den Stadtwerken Klagenfurt eingesetzte Wärmebedarfstool zu validieren, welches die Grundlage für eine Energieraumplanung bildet. Diese Planung ist für ein zukünftiges Geothermieprojekt von zentraler Bedeutung, da sich damit die künftige Wärmebedarfssituation simulieren und der maximal mögliche Wärmeabsatz im Fernwärmenetz der Stadtwerke Klagenfurt ermitteln lässt. Auf diese Weise kann auch die potenzielle Einspeisesituation einer Tiefengeothermieanlage realistisch bewertet werden.

Zur Bewertung der Genauigkeit der beiden Tools wurde eine Gegenüberstellung der berechneten Energieverbräuche für Heizen und Warmwasser der einzelnen Gebäude im Untersuchungsgebiet im Weste der Stadt Klagenfurt mit den erfassten Realdaten durchgeführt.

Die betrachteten Gebäude umfassen unterschiedliche Gebäudetypologien, bestehend aus Einfamilienhäusern (EFH) und Mehrfamilienhäusern (MFH). Die Erhebung umfasste sowohl geometrische (z. B. Bruttoraumfläche, beheizte Fläche) als auch technische Daten (z. B.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

Wärmeversorgung, Wärmeabgabesystem, Bauperiode). Die betrachteten Gebäude weisen eine große Bandbreite an Baujahren – von Altbauten aus den 1910er Jahren bis hin zu Neubauten nach 2010 – auf, was zu sehr unterschiedlichen energetischen Ausgangszuständen führt. Ein Großteil der Gebäude wird derzeit mit fossilen Energieträgern beheizt (v. a. Gas und Heizöl), einige sind an die Fernwärme angeschlossen oder nutzen Energieträger wie Holz-Pellets oder Strom.

Als Ergebnis lässt sich zunächst festhalten, dass die berechneten Verbrauchswerte beider Tools größtenteils in einer vergleichbaren Größenordnung liegen. Insbesondere bei älteren Gebäuden zeigen beide Werkzeuge jedoch teils erhebliche Abweichungen zu den Realdaten. Diese Abweichungen lassen sich wie herausgefunden hauptsächlich auf unvollständige Eingangsdaten wie dem Sanierungsstand eines Gebäudes zurückführen.

Es ist jedoch anzumerken, dass sich die prozentuelle Abweichung der ermittelten Energiebedarfssituation für das gesamte Stadtgebiet Klagenfurt im niedrigen einstelligen Prozentbereich bewegt. Damit eignet sich das Energieraumplanungstool der Stadtwerke Klagenfurt als zuverlässige Grundlage für zukünftige Wirtschaftlichkeits- und Wärmeabsatzanalysen im Zusammenhang mit einer möglichen Tiefengeothermieanlage.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

4 Wirtschaftliche Situation

Beschreibung der durchgeführten Analysen sowie der Analyseergebnisse zur wirtschaftlichen Situation

- a) *Kostenschätzung für eine Geothermieanlage an diesem Standort*
- b) *Abschätzung mit welchem Wärmeabsatz zu rechnen ist*
- c) *Finanzierung und Wirtschaftlichkeit des Projektes*

Im Zuge einer Machbarkeitsstudie zusätzlich:

- a) *Beschreibung der durchgeführten Maßnahmen sowie der Analyseergebnisse zum Finanzierungskonzept und Businessplan*

a) Kostenschätzung für eine Geothermieanlage an diesem Standort

Aufgrund der sehr geringen Datenbasis ist eine Planung von einzelnen Bohrungsszenarien mit unterschiedlichen Ablenkungen und Ablenkstrecken aus technischer Sicht nicht seriös. Typische Investitionskosten einer hydrogeothermischen Dublette (3.000 - 4.000 m Tiefe) liegen bei etwa 15 – 20 Mio. €, was etwa 3.000 €/Laufmeter Bohrung entspricht. Hinzu kommen vergleichbare Kosten für die obertägige Anlagentechnik.

b) Abschätzung mit welchem Wärmeabsatz zu rechnen ist

Die Energie Klagenfurt GmbH als 100% Tochter der Stadtwerke Klagenfurt AG versorgt mit den rund 4.900 Kundenanlagen und einem Fernwärmenetz mit einer Trassenlänge von rund 211,5 km die Landeshauptstadt Klagenfurt mit Fernwärme (Datenstand 2022). Die Erzeugung der Fernwärme erfolgt mit externen Einspeisern (Biomasseheiz-kraftwerke KWK) und den STW-eigenen Anlagen, bestehend aus dem Fernheizkraftwerk Klagenfurt (Erdgas) und den dezentralen Heizwerken (Erdgas, Heizöl). Die Fernwärme weist einen biogenen Anteil von mehr als 90% auf (§88 EAG Daten 2022).

Historisch begann die Fernwärmeversorgung in Klagenfurt mit der Inbetriebnahme des Fernheizkraftwerk Klagenfurt im Jahr 1949. Durch die über die Stadtgebiete verteilte Situierung der Heizwerke (dezentrale Heizwerke), die seinerzeit Inselnetze versorgten, war das Fernwärmenetz in mehrere, nicht miteinander verbundene Abschnitte aufgeteilt. Mittlerweile sind diese Netze zu einem vermaschten Fernwärmenetz zusammengewachsen. Aus diesem historischen Wachstum ergibt sich die nach der Außentemperatur gleitende Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz von 85 bis 120 °C (bei -16 °C Außentemperatur). Die Absatzmenge an die Kunden war im Jahr 2022 rund 421.000 MWh bei einer vertraglichen Anschlussleistung von rund 288 MW.

Wenn man für eine Tiefengeothermieanlage am Standort Klagenfurt am Wörthersee bei einer allgemeinen Leistungsannahme einer geothermischen Dublette von etwa 20 Megawatt annimmt, kann aufgrund der vorhandenen Abnehmerstruktur der Energie Klagenfurt GmbH

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

ein Wärmeabsatz von bis zu 180 Gigawattstunden erwartet werden. Grundsätzlich ist jedoch anzumerken, dass abhängig von der tatsächlichen Leistung der Geothermieanlage sich auch der Wärmeabsatz richten wird.

c) Finanzierung und Wirtschaftlichkeit des Projektes

Da der Raum rund um das Klagenfurt Becken weitestgehend, in Bezug auf den geologischen Untergrund, unexploriertes Gebiet ist, kann aus derzeitiger Sicht dennoch nicht abgeschätzt werden, ob und wie die Finanzierung bzw. die Wirtschaftlichkeit eines möglichen Geothermieprojektes aussehen könnte. Zudem ist im Rahmen einer Vorstudie noch keine genauere technoökonomische Bewertung möglich, da noch zu viele unbekannte Größen vorhanden sind. Erst nach der Festlegung von Anzahl und Tiefe von möglichen Bohrungen, einer Szenarienanalyse für die Versorgung und einer ungefähren Temperatur- und Schüttungsprognose kann ein Rahmen für die Investitionskosten einer hydrogeothermalen Dublette gesetzt werden.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

5 Rechtliche Analyse

Im Zuge einer Machbarkeitsstudie zusätzlich:

- a) *Beschreibung der notwendigen behördlichen Abklärungen inkl. Darstellung eines Zeithorizonts dafür*
 - b) *Beschreibung der aktuellen Nutzungsrechtsituation*
-

Die Stadtwerke Klagenfurt AG führten das Modul 1 "Grundlegende Vorstudie" durch, folglich wird der Punkt "4 - Rechtliche Analyse" nicht ausgefüllt.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

6 Projektentwicklungspfad „Roadmap“

Beschreibung des Projektentwicklungspfad¹es inkl. Darstellung erwarteter Ziele, Meilensteine und Zeitplan für die Realisierung der Tiefengeothermie-Anlage.

Vor Beginn der eigentlichen Projektumsetzung sollen in mehreren, sukzessive verfeinerten Vorprojektschritten vertiefende Untersuchungen durchgeführt werden, um die Risiken im Zuge der Exploration zu minimieren. Dies ist insbesondere aufgrund der derzeitigen Datenlage im Untersuchungsgebiet erforderlich.

Die Entwicklung von Hydrogeothermieprojekten an sich kann in drei Hauptphasen eingeteilt werden¹:

1. Vorstudie: Exploration/Aufsuchung inkl. vorbereitende Arbeiten
2. Machbarkeitsstudie: Bohrung und Errichtung Obertageanlage
3. Gewinnung: Produktion

Die möglichen Inhalte dieser drei Hauptphasen sind nachfolgend aufgelistet:

Ad 1: (Hydro-)Geologische Rahmenbedingungen des Zielreservoirs, geologische und Errichtungsrisiken (z.B. Bohr- und Fündigkeitsrisiko), wirtschaftliche Kenngrößen, Wärme- und ggf. Stromabnehmer etc.

Ad 2: Geologisches 3D-Modell, seismische Erkundung, wasser- und bergrechtliche Genehmigungen, Bohrkonzent, Prognose Temperatur und Schüttung, Probability-of-Success (POS)-Analyse, Grundstücksfestlegung etc.

Ad 3: Bohrungen, Fördertests, Anpassung thermisch-hydraulisch-mechanisch-chemische (THMC)-Modellierungen, Errichtung Obertageanlage, Betriebsplanung etc.

Der deutsche Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG) hat die Dauern der einzelnen Phasen wie folgt dargestellt:

¹ Hamacher, T., o.D. (online)

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

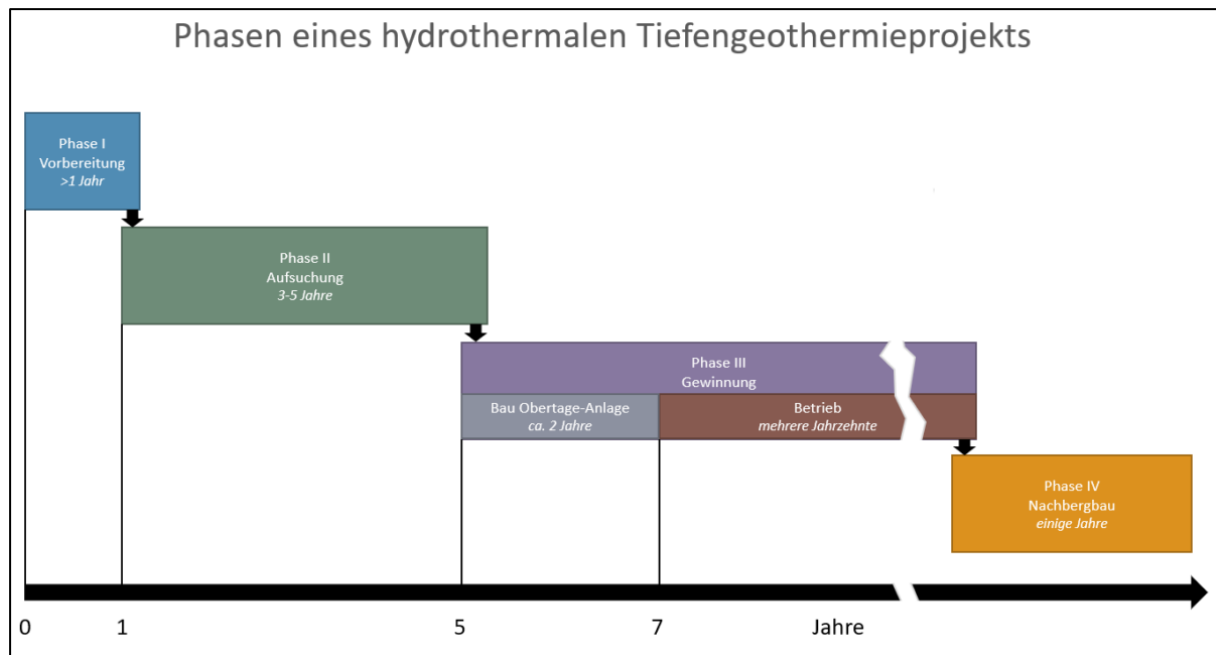


Abbildung 2: Phasen eines hydrothermalen Tiefengeothermieprojekts (Quelle: BVEG, 2022)

Selbstverständlich stellt diese Darstellung einen groben Rahmen dar, der sich je nach verschiedenen lokalen Rahmenbedingungen verkürzen oder verlängern kann. Dennoch ist diese Skizzierung eine grobe Orientierung zur Dauer von durchschnittlichen Hydrogeothermieprojekten und folglich auch als Roadmap für die Stadtwerke Klagenfurt AG heranziehbar.

Aufgrund der oben beschriebenen Datenlage zusammen mit dem momentanen Projektfortschritt, hat noch kein belastbarer Projektentwicklungspfad erstellt werden können. Als Zeitraum für die Etablierung einer belastbaren Datenbasis zur Entscheidungsfindung werden die nächsten 5 Jahre anvisiert, während für einen Produktionsbeginn einer Tiefengeothermieanlage 2039 angenommen wird.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

7 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Tabellarische Angabe von (wissenschaftlichen) Publikationen, die aus dem Projekt entstanden sind, sowie sonstiger relevanter Disseminierungsaktivitäten.

Da die Stadtwerke Klagenfurt AG lediglich das Modul 1 – Grundlegende Vorstudie abgehandelt hat und folglich nur eine Zusammenstellung von Daten zur internen Entscheidungsfindung für etwaige weitere Forschungsaktivitäten gewonnen hat, konnten weder (wissenschaftliche) Publikationen noch Disseminierungsaktivitäten im Zuge des Projektes durchgeführt werden.

Aufgrund der schlechten Datenlage ist jedenfalls im Zuge der weiteren Untersuchungen mit wertvollen publizierbaren Daten zu rechnen.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zu Beginn der Studie geplantes Untersuchungsgebiet mit einer Fläche von ca. 8000 Hektar (Quelle: Eigene Darstellung, 2024).....	9
Abbildung 2: Phasen eines hydrothermalen Tiefengeothermieprojekts (Quelle: BVEG, 2022)	15

Literaturverzeichnis

BVEG, Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V., <https://www.bveg.de/die-branche/tiefe-geothermie-in-deutschland/das-leistungsspektrum-geothermie/leistungsspektrum-geothermie/> (Letzter Aufruf: 30.06.2025)

Hamacher, T. (o.D.): Projektumsetzung. Abgerufen am 20. 06 2024 von [geothermie-allianz.de](https://geothermie-allianz.de/projektumsetzung/): <https://geothermie-allianz.de/projektumsetzung/>.

Tiefengeothermie

Ein Programm des Klima- und Energiefonds – managed by Kommunalkredit Public Consulting

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin/der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechthinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin/der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.