

Tiefengeothermie im Kanton Zug Synthesebericht

Analyse der geologischen Grundlagenarbeiten 2013 - 2014
Stand Richtplanung und Gesetzgebung
Fazit und weiteres Vorgehen

27.05.2014

Impressum

Verantwortlicher
Amt für Umweltschutz
(Kapitel 1, 3 und 4)

Verantwortlicher
Erich R. Müller, M.Sc.; Geologe SIA,
Frauenfeld (Kapitel 2)

Inhalt

1.	Vorwort	4
2.	Analyse der geologischen Grundlagenarbeiten 2013 - 2014	5
2.1	Ausgewertete Arbeiten	5
2.2	Vorbemerkungen	5
2.3	Randbedingungen zur hydrothermalen Nutzung	6
2.4	Randbedingungen zur petrothermalen Nutzung	7
2.5	Gebiete mit Erschwernissen und "No-Go-Gebiete"	10
2.6	Nutzung von Gasreserven im Kanton Zug	12
2.7	Positivgebiete	12
2.8	Mögliche weitere Untersuchungen	14
3.	Stand Richtplanung und Gesetzgebung zur Tiefengeothermie	16
3.1	Tiefengeothermie im Richtplan	16
3.2	Gesetz über die Nutzung des Untergrunds (GNU)	16
4.	Fazit und weiteres Vorgehen	17
4.1	Potenzial für hydrothermale Anlagen	17
4.2	Potenzial für petrothermale Anlagen	18
4.3	Massnahmen	19
4.4	Ausblick	19

1. Vorwort

Die Förderung erneuerbarer Energien ist ein zentrales Ziel des Energieleitbildes des Kantons Zug. Eine im Auftrag des Amtes für Umweltschutz des Kantons Zug (AfU) in Auftrag gegebene Studie (Econcept, 2011) bescheinigt dem Kanton ein grosses Potenzial für die Wärmeerzeugung aus lokalen erneuerbaren Quellen. Bereits heute liesse sich der gesamte Wärmebedarf im Kanton damit decken.

Anders bei der Stromerzeugung. Hier sind lokale erneuerbare Quellen rar. Einzig die Sonnenenergie weist ein substanzielles Potenzial auf. Der Kanton Zug ist daher an der Tiefengeothermie als erneuerbare Stromquelle interessiert. Geteilt wird dieses Anliegen vom Verein geothermischer Kraftwerke Schweiz (VGKS), Sektion Zug. Auch zahlreiche kantonale politische Vorstösse bekunden ihr Interesse an der Tiefengeothermie.

Die Baudirektion des Kantons Zug beschloss daher, das Potenzial für Tiefengeothermie zur Stromerzeugung im Kanton Zug abzuklären und zugleich die rechtlichen und planerischen Grundlagen für diese Technologie zu schaffen. Die Erkenntnisse daraus richten sich nicht nur an mögliche Investoren, sondern dienen auch dem Kanton selbst im Hinblick auf seine Energiepolitik.

Der vorliegende Synthesebericht fasst die Ergebnisse der verschiedenen Grundlagenarbeiten zusammen, informiert über den Stand von Raumplanung und Gesetzgebung und beschreibt das weitere Vorgehen. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Technologie der Tiefengeothermie und die in diesem Zusammenhang wichtigsten geologischen Begriffe bekannt sind. Sämtliche im Auftrag des AfU erstellten Grundlagenarbeiten sind auf der Homepage des AfU aufgeschaltet.

2. Analyse der geologischen Grundlagenarbeiten 2013 - 2014

2.1. Ausgewertete Arbeiten

Die nachstehende Analyse und Interpretation basiert weitgehend auf folgenden Arbeiten, welche alle im Auftrag des AfU erstellt wurden (siehe auch Homepage AfU):

WYSS GMBH, 2013: Vorabklärungen zur Tiefengeothermie, Kanton Zug. Bericht vom 3. April 2013.

PROSEIS AG, 2013: Reprozessing von sieben seismischen 2D-Linien im Kanton Zug und vereinfachte strukturelle Interpretation der Ergebnisse. Bericht vom November 2013.

SED, SCHWEIZERISCHER ERDBEBENDIENST AN DER ETH, 2014: Erdbebengefährdung und induzierte Seismizität im Kanton Zug: Bericht vom 24. Januar 2014.

KELLER+LORENZ AG, GEOFORM AG, DR. LORENZ WYSSLING AG, GEOSFER AG & GEOWELL GMBH, 2014: Geothermie Kanton Zug, Vertiefungsstudie: Beurteilung konkurrierende Nutzungen, Erschwernisse und No-Gos. Bericht Nr. 13.5256 vom 21. Februar 2014.

2.2. Vorbemerkungen

Wie unter Kapitel 1 erwähnt, soll die geothermische Nutzung im Kanton Zug der Erzeugung elektrischer Energie dienen. Um eine elektrische Nutzung von minimal 5 MW_{el} zu ermöglichen, ist eine Wasserförderung von ≥ 50 l/s erforderlich. Diese Nutzungsanforderung bedingt eine minimale Temperatur des nutzbaren Rohwassers von $\geq 120^{\circ}\text{C}$ resp. $\geq 393^{\circ}\text{K}$.

Als geothermischer Gradient soll zu Planungszwecken vom nächst gelegenen, gemessenen Gradienten ausgegangen werden. Dieser wurde in der früheren Erdölbohrung Hünenberg 1 mit 26° pro 1000 m bestimmt. Hinweis: In der etwas weiter entfernten Tiefbohrung Weggis/LU ermittelte man dagegen einen Wert von 30° pro 1000 m.

Unter Berücksichtigung einer mittleren Jahrestemperatur von um 8°C und eines geothermischen Gradienten von 26° pro 1000 m, kann man hier in Tiefenlagen ab 4'300 m unter Terrain von mehr als 120°C messenden natürlichen Gesteinstemperaturen ausgehen.

Die geothermische Exploration hat zu berücksichtigen, dass - ganz allgemein betrachtet - im schweizerischen Mittelland Gasaustritte sowie wegen der Bohrarbeiten induzierte Seismizitäten erfolgen können. Dies ist unabhängig davon, ob hydrothermale oder petrothermale Nutzungen vorgesehen sind. Hinweis: Sollten solche Erscheinungen völlig ausgeschlossen sein, wäre eine geothermische Nutzung gar nicht möglich!

Eine wesentliche Massnahme besteht folglich darin, dass eine optimierte Planung hinsichtlich der Wirkungen von induzierter Seismizität und Gasaustritten unabdingbar ist.

Zurzeit ist für den Kanton Zug nicht bekannt, inwieweit die mittels der früheren Seismik festgestellten tektonischen Störungs- / Bruchflächen resp. Verwerfungszonen noch **neotektonisch aktiv** sind. Auch durch neue seismische Erhebungen lassen sich diese entscheidenden Gegebenheiten nicht klären.

Das letzte grössere Erdbeben in der Region Zug ereignete sich am 12. Februar 2012. Der Erdbebenherd lag in einer Tiefe von ca. 34 km. Er befand sich dabei im Grenzbereich zwischen der unteren Erdkruste und dem oberen Erdmantel. Die Magnitude wurde auf $M_L = 4.2$ bestimmt. Ein im Rahmen einer Bauüberwachung durch die Fa. Steiger Baucontrol AG, Luzern versetztes Seismometer mass im Fundamentbereich (Untergeschoss) eines Gebäudes in Unterägeri eine maximale Geschwindigkeit der Bodenschwingungen dieses Bebens von 3 mm/s (mündliche Mitteilung von Herrn Andreas Steiger). Wegen der Dämpfungserscheinungen zwischen Boden und Gebäude sind für die eigentlichen Bodenschichten eher noch höhere Geschwindigkeiten anzunehmen. Durch den SED wurde von diesem Erdbeben eine Intensität von IV ermittelt. Verstärkungseffekte, die durch ungünstige Bodenbeschaffenheiten hervorgerufen wurden, führten lokal auch vereinzelt zu Intensitäten der Stufe V. Eigentliche Schäden an Bau- und Infrastrukturanlagen traten aber nicht ein.

Bei hydrothermalen Geothermie-Nutzungen sind die grössten Erdbebenereignisse während der Betriebsphase, bei petrothermalen hingegen während den Stimulationsarbeiten zu erwarten.

2.3. Randbedingungen zur hydrothermalen Nutzung

Im Kanton Zug lassen sich mit grosser Wahrscheinlichkeit keine Gesteinsserien finden, deren *Primärdurchlässigkeit* so gross ist, dass aus ihnen Wasserförderungen von ≥ 50 l/s zu erwarten sind. Dies aus folgenden Gründen:

- Die Malmkalke liegen in Quintnerkalkfazies vor, d. h. es handelt sich hier um dichte, wenig poröse Kalke (vgl. Tiefbohrung Hüenberg 1).
- Die im Alpenrand nah gelegenen Raum und in grossen Tiefen auftretenden Muschelkalkvorkommen sind in der Regel dicht und ebenfalls wenig porös (vgl. Geothermiebohrung Zürich-Triemli, und Gmünder et al., NAB 12-23, in Vorb.).
- Stark wasserführende Verkarstungserscheinungen im weit südlich des Rheins gelegenen Raum sind als unwahrscheinlich zu betrachten (vgl. Gmünder et al., NAB 12-23, in Vorb.)

Für die Wasserzirkulation kommen hier grundsätzlich nur *offene, tektonische Störungs- / Bruchflächen* in Frage. Um jedoch eine Förderung von notwendigerweise ≥ 50 l/s zu ermöglichen, haben sie grossräumig weit geöffnet zu sein. Zudem sollten sie auch mit ebenfalls gut geöffneten Parallelstrukturen in Verbindung stehen.

Dem gegenüber gilt es aber zu beachten, dass laut dem Gutachten des SED (2014) grosse und bekannte *aktive seismische Verwerfungen möglichst zu meiden* sind. Als Hindernis mag dabei gel-

ten, dass die „Einschätzung der seismischen Aktivität bzw. der tektonischen Vorspannung einer bestimmten Verwerfung sehr schwer, wenn nicht gar unmöglich ist“ (SED, 2014).

Entlang von Verwerfungs- resp. Bruchzonen sind die Flächen der Störungen innerhalb spröder, d.h. rigider Gesteine und damit von Nagelfluh-, Kalk- und Dolomitgesteinen wesentlich weiter geöffnet, als in den Mergel-, Ton- und Schiefergesteinen. Dort sind sie dagegen weitgehend verheilt oder mit Tonüberzügen verschlossen. Daher sind die wasserführenden Verwerfungs- resp. Bruchzonen am ehesten in den Abschnitten der Malm- und Muschelkalke zu erwarten.

Infolgedessen kommen zur hydrothermalen Nutzung im Kanton Zug eigentlich nur jene Gebiete in Frage, die tektonisch inaktive Verwerfungs- resp. Bruchzonen aufweisen, die Malm- und/oder Muschelkalkgesteine in Tiefen von $\geq 4'300$ m unter Terrain (Fig. 1) durchqueren. Dabei gilt es zu beachten, dass es - wie bereits erwähnt - kaum möglich ist, die seismische Aktivität und die tektonische Vorspannung einzuschätzen.

Das Auffinden eines Bereichs mit einer hydrothermal nutzbaren Wassermenge von ≥ 50 l/s ist als wenig wahrscheinlich und das Fündigkeitsrisiko somit als gross einzustufen. Zur Risikobewertung gilt es auch anzumerken, dass sich die geringen Chancen einer ausreichenden Fündigkeit auch mittels sehr aufwändigen seismischen Vorerkundungen, nur wenig erhöhen lassen.

Zum Minimieren des Fündigkeitsrisikos empfiehlt es sich, allfällige Bohrungen in Gebieten zu platzieren, in denen gemeinsam beide Gesteinskomplexe - Malm- und Muschelkalkgesteine - erschlossen werden.

2.4. Randbedingungen zur petrothermalen Nutzung

An die mittels Stimulationen zu erstellenden „Wärmetauscher“ („Multirisszonen“) sind die nachstehenden Grundvoraussetzungen gestellt:

- Sie sind nur in rigiden resp. spröden, einheitlichen aufgebauten Gesteinskomplex (Gneise und/oder Granite) anzulegen. Da im allfällig hängenden Permokarbondrog vielfach duktile, d. h. plastische Gesteinsserien auftreten, dürfen die „Wärmetauscher“, auch nicht nur teilweise, innerhalb diesen angelegt werden.
- Da der Permokarbon-Gesteinskomplex als allfälliges Muttergestein von Kohlenwasserstoffen (Erdgas) zu betrachten ist, sind diese Gesteine ohnehin als Reservoirgesteine für einen „Wärmetauscher“ zu meiden.
- Die Reservoirgesteine zur petrothermalen Nutzung liegen demnach tiefer als jene einer möglichen Nutzung fossiler Ressourcen (Kohlenwasserstoffen). Dadurch bleibt ein Konkurreren dieser allfälligen Nutzungsformen aus.
- Es empfiehlt sich ein minimaler vertikaler Sicherheitsabstand von 200 m zur Unterfläche des Permokarbondrogs einzuhalten.

- Die „Wärmetauscher“ sind derart zu platzieren, dass auch im Bereich der höchstgelegenen Abschnitte der „Multirisse“ Temperaturen von $> 120^{\circ}\text{C}$ vorliegen. Als Folge des in der Erdölbohrung Hünenberg festgestellten geothermischen Gradienten von 26° pro 1'000 m, müssen diese tiefer als 4'300 m unter Terrain gelegen sein.
- Da die „Scheiben“ der einzelnen "Multirisse" einen ungefähren Radius von 400 m aufzuweisen haben, muss die petrothermale Erschliessungsbohrung bis etwa 5'000 m unter Terrain reichen.
- Um die Auswirkungen resp. das Gefährdungsrisiko als Folge induzierter Seismizitäten minimiert zu halten, hat die Stimulation streng kontrolliert und unter Berücksichtigung einer konsequenten „Ampelsteuerung“ zu erfolgen. Hierzu ist vorgängig ein minutiöses Monitoring mittels entsprechenden tiefen „Horchbohrungen“ und Seismometern einzurichten.
- Zum Erzielen minimierter Risiken hinsichtlich der induzierten Seismizität sind die seitlichen Abstände zu Störungs- / Verwerfungszonen möglichst gross zu halten. Dabei sind grössere Störzonen zu meiden. Zudem empfiehlt sich im Rahmen der Projektierungsphase eine indikative Mikrozonierungskartierung (entsprechend der BWG-Richtlinien, 2004) des in Frage kommenden Gebiets vorzunehmen. Dabei gilt es insbesondere dieses entsprechend den Baugrundklassen A - F (gemäss SIA 261) zu typisieren. Dabei sollten seitliche Abstände 5 km zu den petrothermale Positivgebieten betragen.
- Gesamthaft gesehen gilt es im Rahmen des Bewilligungsprozesses auch ein detailliertes Massnahmenkonzept zu erarbeiten.

Die aufgrund ihrer räumlichen Lagerung grundsätzlich für eine petrothermale Nutzung in Frage kommenden Gebiete sind in Fig. 1 ebenfalls dargestellt.

2.5. Gebiete mit Erschwernissen und "No-Go-Gebiete"

No-Go-Gebiete: In diesen Gebieten (vgl. Fig. 2) ist das Erstellen einer Geothermieanlage zu vermeiden. Sie umfassen:

- Maskierte Felstalungen und -tröge: wie tiefe Quartärbecken mit gespanntem Grundwasser
- Bedeutende Naturgefahrengebiete, (z. B. Sackungsmasse von St. Verena und tiefgründige Rutschungen)
- Bedeutende nutzbare Lockergesteins-Grundwasservorkommen analog Erdwärmennutzung (Karte im www.zugmap.ch)

Gebiete mit zu erwartenden Erschwernissen: Hierzu zählen die *Vorkommen fossiler Energierohstoffe* (z. B. Gasvorkommen) und dabei insbesondere die Vorkommen der tieferen Permokarbontröge (vgl. Fig. 2). Die sie umgebenden Gebiete der Grabenschultern führen keine Gesteine der kohleführenden Karbonzeit. Sie stehen aber oft durch Klüftungs- und Störungsflächen mit den tiefen Permokarbontrögen in Verbindung. Dieser Umstand bewirkt, dass sie teilweise ebenfalls gasführend sein können.

Die Kenntnis über die Verbreitung der tieferen Permokarbontröge und der Grabenschultern ist nur andeutungsweise bekannt. Die Darstellungen ihrer Verbreitungsgebiete sind - wegen der sehr spärlich vorhandenen Grundlagendaten - je nach auswertendem Geophysiker / Geologe häufig widersprüchlich. Sie sind daher noch wenig konsistent und auch wenig belastbar.

Für die Fragestellung bezüglich der Verbreitung der Permokarbonvorkommen kann zum Einschätzen des möglichen Auftretens von Permokarbontrögen die skizzenartige Verbreitungskarte der Geoform AG (2008): Permokarbon-Kartenskizze (Rohstoffe). Nagra Arbeitsbericht NAB 08-49 - beigezogen werden. Aus den Verbreitungsgebieten der tiefen Permokarbontröge lässt sich auf die Gebiete mit wahrscheinlich erhöhten Erschwernissen bezüglich einer Erdgasführung schliessen.

2.6. Nutzung von Gasreserven im Kanton Zug

Gemäss dem Bericht Keller+Lorenz AG et al. (2014) ist im ganzen Kantonsgebiet die Gewinnung wirtschaftlich nutzbarer fossiler Energierohstoffe (v.a. Erdgas) nicht auszuschliessen. Da eine derartige Nutzung die gleichen Gesteins- resp. Schichtkomplexe beanspruchen, besteht ein gegenseitiges Konkurrieren der verschiedenen energetischen Nutzungsformen. Ein solcher Interessenkonflikt würde jedoch bei einer petrothermalen Nutzung des noch tiefer liegenden Grundgebirges nicht vorliegen.

Die genannten Autoren orten zudem auf dem ganzen Kantonsgebiet "wirtschaftlich" nutzbare unkonventionelle (Tightgas, Schiefergas) Gasvorkommen. Wie diese im nationalen Kontext zu beurteilen sind und wie sich die Wirtschaftlichkeit begründet, lassen sie offen. Die unkonventionellen Gasreserven lassen sich nur mit Stimulationsmethoden (Fracking, siehe Kasten Kapitel 4.2) fördern. Sie befinden sich im Nordwesten des Kantons, mögliche Zielgebiete für Anlagen sind wohl identisch mit jenen für Tiefengeothermie. Konflikte mit petrothermalen Tiefengeothermie-Anlagen sind nicht zu befürchten, da der Zielhorizont bei der Tiefengeothermie deutlich tiefer liegt. Die Förderung unkonventioneller Gasvorkommen ist sehr flächenintensiv. Es fragt sich daher, ob eine solche im dicht besiedelten Kanton Zug überhaupt realistisch wäre.

2.7 Positivgebiete

In Fig. 1 dargestellt sind Flächen, die primär aufgrund ihrer Lagerungsverhältnisse zur Nutzung hydrothormaler und petrothormaler Energie grundsätzlich geeignet sind. Von diesen gilt es anschliessend die „No-Go-Gebiete“ und die Gebiete mit zu erwartenden Erschwernissen (verzeichnet in Fig. 2) zu subtrahieren. Die Ergebnisse dieses Ausschlusses ergeben die Positivgebiete. Sie sind in Fig. 3 dargestellt.

In diesem Zusammenhang ist jedoch zu beachten, dass für die Positivgebiete keine Aussagen bezüglich der Fündigkeitsrisiken sowie der Risiken hinsichtlich der induzierten Seismizitäten möglich sind. Hierzu sei auf die kurzen Bemerkungen in den Kap. 2.3 und 2.4 verwiesen.

Aus der räumlichen Verteilung der Positivgebiete (Fig. 3) ergeben sich für den Kanton Zug die folgenden Gegebenheiten:

Hydrothermale Nutzung

Insgesamt lassen sich grundsätzlich nur fünf, flächenmässig kleinere Gebiete (bei Allenwinden, östlich von Neuägeri, in der Hangzone zwischen Unter- und Oberägeri, im unteren Hürital sowie zwischen Walchwil und Walchwilerberg) ausscheiden. Diese sind alle an das Vorkommen von Störungszonen resp. Verwerfungen des tieferen Gebirgsbereich gebunden. Demzufolge befinden sie sich in Gebieten, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit neotektonisch noch aktiv sein können und die es daher hinsichtlich möglicher seismischer Aktivitäten eher zu meiden gilt. Sie können daher nur bedingt als Positivgebiete betrachtet werden.

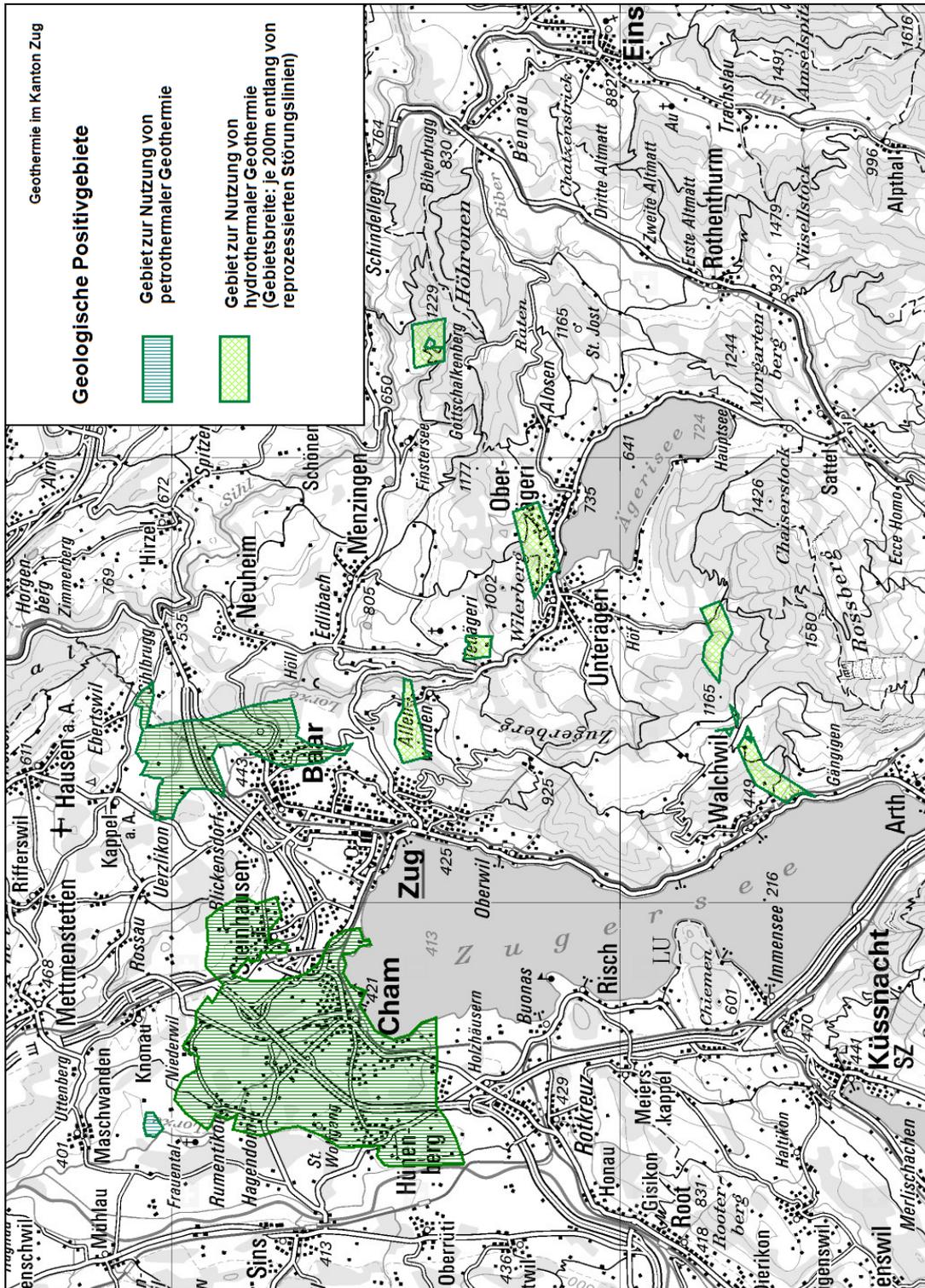


Fig. 3 Positivgebiete

Petrothermale Nutzung

Das im nordwestlichen Kantonsteil gelegene Gebiet (Hünenberg-Cham-Steinhausen-Hagendorn sowie nordöstlich von Baar) kann grundsätzlich zur Nutzung petrothermaler Geothermie als geeignet betrachtet werden. Dennoch bestehen auch Risiken hinsichtlich erdgasführender Klüfte und Verwerfungen sowie induzierter Seismizität, die vor allem während der Erschliessungsphase zu erwarten sind. Diese gilt es im Rahmen der Projektierung und anschliessenden Erstellungsarbeiten zu minimieren (siehe auch 2.8)

2.8 Mögliche weitere Untersuchungen

Hydrothermale Nutzung

Für eine allfällige hydrothermale Nutzung besteht gemäss Proseis AG (2013) der nächste Erkundungsschritt in der Akquisition einer 3D-Seismik. Damit liessen sich wohl Aufschlüsse über die Ausdehnung und Ausrichtung der Kluftsysteme, nicht aber über die zu erwartende Wasserförderrate gewinnen. Dazu schätzte die Proseis AG die entsprechenden Kosten auf ca. 6 Mio. Fr. Da diese flächenhaften Untersuchungen in einem eher schwierigen Gelände, mit oft erschwerter Zugänglichkeit auszuführen wären, wird dieser Betrag wohl eine untere Kostengrenze darstellen. Demnach ist für eine 3D-Seismik eher von Kosten auszugehen, die in der groben Grössenordnung von rund 10 Mio. Fr. liegen.

Vor der Inangriffnahme 3D-seismischer Untersuchungen ist es angezeigt, eine Kosten-/ Nutzenschätzung unter Berücksichtigung der bestehenden Risiken vorzunehmen. Dabei gilt es unter anderem zu beachten:

- Entsprechend dem Bericht SED (2014) lässt sich nicht klären, inwiefern die mittels der früheren Seismik ermittelten tektonischen Störungs- / Bruchflächen resp. Verwerfungszonen noch **neotektonisch aktiv** sind.
- Das Fündigkeitsrisikos für die erforderlichen Wassermengen von ≥ 50 l/s ist als hoch einzustufen. Hinweis: Auch mittels einer 3D lässt sich jedoch dieses Risiko nicht einengen.
- Das Durchhörtern erdgasführender Störungszonen / Verwerfungen ist durchaus möglich. Zudem ist auch ein Konkurrieren mit einer allfälligen Erdgasnutzung nicht auszuschliessen.

In Anbetracht der genannten Aspekte scheinen die in einem nächsten Schritt aufzuwendenden Kosten für die genannte 3D-Seismik den Rahmen eines „vertretbaren“ Kosten-Nutzenverhältnisses wohl zu überschreiten.

Petrothermale Nutzung

Da zurzeit in der Schweiz noch keine petrothermale Referenz-Kraftwerke bestehen, die Geo-Energie Suisse AG aber bis vier solcher Anlagen im Sinne von Pilotprojekten ausführen will, gilt es sinnvollerweise deren Ausführung zu beobachten und deren Resultate in die zugerische Planung miteinzubeziehen.

Die lokale Bodenbeschaffenheit kann die Wirkung eines Erdbebens verstärken oder abschwächen. Mit einer geeigneten Standortwahl kann das seismische Risiko also reduziert werden. Für eine all-

fällige raumordnungsmässige Sicherung von Flächen für eine petrothermale Nutzung empfiehlt sich daher eine indikative Mikrozonierungskartierung im Perimeter der Positivgebiete und eines sie umgebenden, 5 km breiten Saumes. Dabei gilt es insbesondere diese im Massstab 1 : 25'000 entsprechend den Baugrundklassen A - F (gemäss SIA 261) zu typisieren. Entscheidende Kriterien hierzu sind die massgebenden Gesteinsarten, die Tiefenlage der Felsoberfläche sowie der zu erwartende Konsolidationsgrad resp. die Lagerungsdichte der zu berücksichtigenden Lockergesteine. Dies kann weitgehend anhand der bestehenden geologischen Atlasblätter Nr. 89 (Zug) und Nr. 134 (Albis) in Kombination mit der Felsisohypsenkarte des Kantons Zug (Beilage 1 der Erläuterungen zur Grundwasserkarte des Kantons Zug, 2007) erfolgen.

Zum Minimieren von Seismizitätsschäden werden weitere Untersuchungen zu Erdbebengefährdung und -risiko im Rahmen einer projektspezifischen seismischen Risikostudie erst im Zusammenhang mit einem konkreten Vorhaben als sinnvoll betrachtet.

3. Stand Richtplanung und Gesetzgebung zur Tiefengeothermie

3.1. Tiefengeothermie im Richtplan

Ein Geothermiekraftwerk ist raumrelevant und bedarf einer Festsetzung im kantonalen Richtplan. Die Standorte für die oberirdischen Bauten und Anlagen sind in bestehenden Bauzonen, angrenzend an Bauzonen oder im Umfeld von grossen Infrastrukturanlagen zu realisieren. In BLN-Gebieten werden für Geothermiekraftwerke keine neuen Zonen ausgeschieden. Diese Grundsätze wurden im Rahmen der Richtplananpassung vom Januar 2014 im Kapitel E 15 festgehalten. Die Vernehmlassungsfrist dauerte bis Ende März, derzeit werden die Stellungnahmen ausgewertet. Die Verabschiedung durch den Kantonsrat erfolgt voraussichtlich im Herbst 2014.

3.2. Gesetz über die Nutzung des Untergrunds (GNU)

Die Erdöl-Konkordatskommission setzte im Frühling 2013 eine interkantonale Arbeitsgruppe zur Ausarbeitung eines Mustergesetzes über die Nutzung des Untergrunds ein. Basierend auf diesem Mustergesetz erarbeitete die Baudirektion ein auf den Kanton Zug abgestimmtes "Gesetz über die Nutzung des Untergrunds (GNU)".

Das neue Gesetz soll die Nutzungen des Untergrunds regeln, die nicht bereits in einem anderen Gesetz geregelt sind (Ausnahme § 89 EG ZGB, der ersetzt wird). Dazu gehören insbesondere die Exploration und der Abbau von Bodenschätzen und die Exploration und Nutzung der Geothermie ab 500 Meter Tiefe bzw. ab 100 kW Leistung. Das Gesetz regelt weitere Nutzungen des Untergrunds wie die Gasspeicherung (z.B. CO₂-Sequestrierung), die Zwischen- und Endlagerung von Stoffen und geologisch-geophysikalische Untersuchungen (z.B. seismische Untersuchungen).

Mit dem geplanten Gesetz werden sämtliche möglichen Nutzungen des Untergrunds geregelt, soweit dafür nicht bereits andere Bestimmungen bestehen. Damit wird bezüglich dem Untergrund die gewünschte Rechtssicherheit geschaffen. Aus dem Gesetz ersehen potenzielle Investoren, welche Nutzungen zulässig sind und welche Verfahren durchlaufen werden müssen. Den Exploranden wird ein Vorzugsrecht im Hinblick auf die Erteilung der entsprechenden Konzession eingeräumt.

Das GNU wird voraussichtlich Anfang 2015 in Kraft gesetzt.

4. Fazit und weiteres Vorgehen

Die verschiedenen geologischen Gutachten haben zu folgenden Erkenntnissen über die Risiken und Chancen von tiefengeothermischen Anlagen im Kanton Zug geführt:

4.1. Potenzial für hydrothermale Anlagen

Im Südosten des Kantons, dem Zielgebiet für hydrothermale Anlagen, haben sich die Hinweise auf eine Störungszone erhärtet. Es sind also möglicherweise wasserführende Klüfte vorhanden. Allerdings ist es wenig wahrscheinlich, dass die Wassermenge ausreichend und damit hydrothermal nutzbar ist. Dieses sogenannte Fündigkeitsrisiko ist sehr hoch und auch durch weitere Abklärungen kaum zu reduzieren. Die geologisch-hydrogeologischen Rahmenbedingungen verunmöglichen oder erschweren zudem in weiten Gebieten tiefengeothermische Nutzungen. Als eher ungünstig beurteilt werden auch das Abnehmerpotenzial, die Erschliessung und die Topografie.

- Das Gebiet wird insgesamt höchstens als mässig geeignet für hydrothermale Anlagen beurteilt, ein entsprechendes Projekt scheint wenig erfolgsversprechend. **Der Kanton Zug verfügt kaum über ein Potenzial für hydrothermale Anlagen**, auf weitere Abklärungen dazu kann daher verzichtet werden.

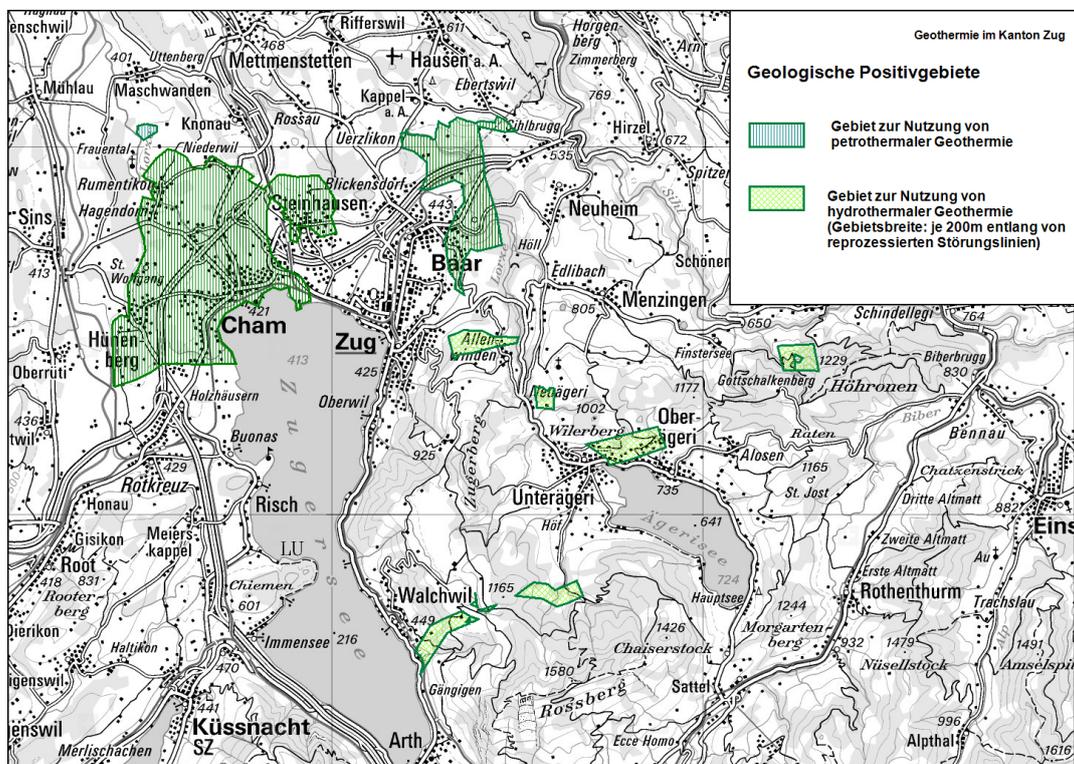


Fig. 3 Positivgebiete für die Tiefengeologische Nutzung, siehe auch 2.7.

4.2. Potenzial für petrothermale Anlagen

Der Nordwesten des Kantons, das Zielgebiet für petrothermale Anlagen, scheint aus geologisch-hydrologischer Sicht geeignet. Als günstig beurteilt wird der Perimeter Rotkreuz - Buonas - Cham - Niederwil - Hagendorn. Permokarbontröge, welche sich hindernd auswirken, können jedoch nach wie vor nicht ausgeschlossen werden. Ausserdem ist, wie im ganzen Kantonsgebiet, mit Gasaustritten zu rechnen, welche sich erschwerend auswirken können. Betreffend Abnehmerpotenzial, Topografie und Erschliessung ist das Gebiet zumindest besser geeignet als der Südosten des Kantons. Die Erdbebengefährdung im Kanton Zug liegt im schweizerischen Durchschnitt: die Verhältnisse sind weder besonders günstig, noch stellen sie ein Hindernis dar.

- **Im Nordwesten des Kantons ist grundsätzlich ein Potenzial für petrothermale Anlagen vorhanden.** Im Gegensatz zur hydrothermalen Technologie befindet sich die petrothermale Technologie aber noch in der Entwicklungsphase. Es ist davon auszugehen, dass es noch einige Jahre dauern wird, bis sie ausgereift ist. So bezeichnet beispielsweise auch die Geo-Energie Suisse AG die Geothermieprojekte Etwilen, Haute-Sorne, Avenches und nördlicher Kanton Luzern als "chancenreiche Standorte eines Pilot- und Demonstrationsprojektes". Als bisher einziges europäisches Werk wird die petrothermale Anlage bei Soultz-sous-Forêts demnächst vom Probe- in den ordentlichen Betrieb übergehen. Um ein weiteres Pilotprojekt zu lancieren, müsste eine herausragende Eignung vorhanden sein. Dies scheint im Kanton Zug nicht der Fall zu sein, eine Forcierung drängt sich daher nicht auf.
- Ein petrothermales Projekt im Nordwesten des Kantons könnte aber eine Option für die Zukunft sein. Die Entwicklung der laufenden geothermischen Projekte ist daher aufmerksam zu verfolgen. Zum jetzigen Zeitpunkt sind keine weiteren umfangreichen, geologischen Abklärungen nötig.
- Sollte sich ein Durchbruch der Technologie abzeichnen, ist zu prüfen, ob besonders geeignete Standorte raumplanerisch zu sichern sind, beispielsweise als Zwischenergebnis im Richtplan. Zur Evaluation der besonders geeigneten Standorte ist unter anderem eine indikative Mikrozonierung (Minimierung seismisches Risiko, siehe Kapitel 2.8) durchzuführen.
- Die obigen Ausführungen gelten unter der Annahme, dass das Gesetz über die Nutzung des Untergrunds (GNU) die hydraulische Frakturierung (siehe Kasten) nicht grundsätzlich verbietet. Damit wäre nicht nur das Fracking zur Erschliessung von unkonventionellen Gasressourcen, sondern auch das Fracking zur tiefengeothermischen Nutzung untersagt.

Fracking - zur Gasförderung und in der Tiefengeothermie

Fracking, auch hydraulische Frakturierung oder Stimulation genannt, bedeutet, dass Flüssigkeit mit hohem Druck in den Untergrund gepumpt wird, um die vorhandenen Poren zu vergrössern, respektive neuen Porenraum zu schaffen und zu verbinden. Fracking wird sowohl zur Förderung von unkonventionellen Gasvorkommen, z.B. Tightgas oder Schiefergas, als auch bei Geothermie angewendet. Die hydraulische Frakturierung kann Erdbeben auslösen. Beim Fracking zur Gasgewinnung besteht ausserdem die Gefahr von Grundwasser- und Oberflächenverschmutzung durch die eingesetzten Chemikalien und Stützmittel. Diese Gefahr ist bei beim Fracking für die geothermische Nutzung geringer. Bei hydrothermalen Anlagen wird Säure zur Verbesserung der Wasserdurchlässigkeit eingesetzt. Sie wird durch eine Reaktion mit dem Kalkgestein zu Wasser und Salz abgebaut. Ansonsten kommen in der Tiefengeothermie kaum Chemikalien zum Einsatz. (Quelle: Akademien der Wissenschaften Schweiz, 2013. Eine Technik im Fokus: Fracking)

4.3. Massnahmen

Mit der Ergänzung des Richtplanes und der Erarbeitung des Gesetzes über die Nutzung des Untergrunds (GNU) wurden geeignete Rahmenbedingungen für die Weiterentwicklung und mögliche Etablierung der Tiefengeothermie im Kanton Zug geschaffen. Sämtliche vorhandenen Grundlagen wurden ausgewertet (siehe 2.1), die Ergebnisse sind öffentlich zugänglich. Weitere Abklärungen von Seiten des Kantons sind nicht nötig. Die Entwicklung der laufenden geothermischen Projekte im In- und Ausland wird aber aufmerksam verfolgt. Falls angezeigt, werden weitere Schritte, beispielsweise die raumplanerische Sicherung eines möglichen Standorts, eingeleitet.

4.4. Ausblick

Petrothermale Tiefengeothermie bleibt eine (langfristige) Option für die Energieversorgung im Kanton Zug. Noch befindet sich die Technologie allerdings im Pilotstadium. Daher soll zunächst das Potenzial von technisch ausgereiften erneuerbaren Energiequellen (z.B. Photovoltaik, Abwärme, Umweltwärme) weiter ausgeschöpft werden. Als eine Massnahme zur Förderung erneuerbarer Energien werden die planerischen Grundlagen verbessert, d.h. Informationen darüber, in welchen Gebieten welche erneuerbaren Energien nutzbar sind.

27.05.2014/AfU/bobe