

Überblicksbericht 2012

Forschungsprogramm Geothermie



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:**Bohrturm der Bohrung Schlattingen 2**

Die direkte Nutzung der Geothermie in landwirtschaftlichen Betrieben (hier: Grob Gemüse & Landbau in Schlattingen/TG) hat grosses Potenzial, die Umstellung von fossilen Brennstoffen auf erneuerbare Energiequellen zu ermöglichen. Nach der technisch erfolgreichen ersten Bohrung in Schlattingen wird Anfang 2013 eine zweite, abgelenkte Bohrung abgeteuft. Wichtige Grundlagen und Daten für die geothermische Erkundung der Nord Schweiz werden damit gewonnen und – für die Schweiz – neue Anwendungen der Geothermie erschlossen.

BFE Forschungsprogramm Geothermie

Überblicksbericht 2012

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

Programmleiter BFE (Autor):

Dr. Rudolf Minder, Minder Energy Consulting GmbH (rudolf.minder@bluewin.ch)

Bereichsleiter BFE:

Dr. Gunter Siddiqi (gunter.siddiqi@bfe.admin.ch)

<http://www.bfe.admin.ch/forschunggeothermie/index>.

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Einleitung

Der Begriff geothermische Energie umfasst mehrere Arten von Ressourcen, welche sich bezüglich Nutzung und Entwicklungsstand stark unterscheiden (Figur 1). Die Technik der Erdwärmesondenanlagen (EWS) zur Beheizung von Gebäuden ist heute weitgehend ausgereift und die Systeme können sich erfolgreich am Markt behaupten. Im Jahr 2011 wurden rund 2'600'000 m Erdwärmesonden abgeteuft, davon sind ca. 35 % Sanierungen von Altbauten [1]. Für 2012 dürften sich ähnliche Zahlen ergeben. Der Markterfolg der EWS zeigt, dass die von der öffentlichen Hand zu finanzierenden Forschungsbedürfnisse dieser Technik weitgehend abgedeckt sind. Die Unterstützung im Bereich der Niedertemperatur- oder untiefen Geothermie zielt deshalb primär auf grosse und komplexe Anlagen, insbesondere für kombiniertes Heizen und Kühlen sowie auf Verbesserungen bezüglich Qualität, Effizienz und Wirtschaftlichkeit. Auch im Gebiet der tiefen EWS (>300 m) sowie Geo-Strukturen wie z. B. Energiepfählen [2] sind weitere Forschungsprojekte von Interesse.

Die hydrothermalen Ressourcen (z. B. Heisswasser führende Aquifere und/oder Bruchstrukturen im Untergrund) sind im Gegensatz zu den EWS nur in speziellen Gebieten verfügbar, wo Wassermenge, Temperatur und Produktivität

ausreichend sind. Je nach Temperatur des Wassers kann die Wärme direkt zu Heizzwecken genutzt werden, bei sehr günstigen Verhältnissen ist auch eine Stromproduktion möglich. Wegen der geringen Zahl bisher realisierter Projekte besteht für Forschung und Entwicklung sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen ein substantieller Bedarf.

Die dritte Hauptkategorie, die Technik der «Enhanced oder Engineered Geothermal Systems» (EGS) hat weltweit wie auch in der Schweiz ein sehr grosses Potenzial, da solche Systeme in vielen Regionen realisierbar sind. Die Erfahrungen bezüglich der induzierten Seismizität mit dem Projekt in Basel haben gezeigt, dass für die Entwicklung von tiefliegenden Reservoiren noch wenig Erfahrung vorliegt und dass in diesem Bereich noch grosse, langfristige Forschungsanstrengungen notwendig sind. Wegen des grossen Aufwands besonders wichtig ist deshalb die Teilnahme der Schweiz an internationalen Programmen wie dem IEA Geothermal Implementing Agreement und der International Partnership for Geothermal Technology IPGT sowie Projekten der Europäischen Union. Die nachhaltige Gewinnung von Wärme aus einem in 5000 m Tiefe liegenden Felsvolumen ist eine enorme Herausforderung und erfordert Kenntnisse aus den verschiedensten Disziplinen.

IEA Klassifikation: 3.5 Geothermal

Schweizer Klassifikation: 2.5 Geothermie

Programmschwerpunkte

Die Schwerpunkte der Geothermie-Forschung lagen 2012 wiederum in der tiefen Geothermie, einerseits bei den hydrothermalen Quellen, andererseits bei den Enhanced Geothermal Systems (EGS). Im Bereich der untiefen Geothermie beschränken sich die Forschungsarbeiten auf besondere, noch nicht am Markt etablierte Anwendungen, sowie auf Fragen der Effizienz und Qualitätssicherung.

Für die Nutzung tief liegender hydrothormaler Ressourcen besteht Forschungsbedarf bei den geophysikalischen Methoden der Prospektion mit dem Ziel, das Fündigkeitsrisiko zu reduzieren. Von grosser Bedeutung ist neben der eigentlichen Forschung die Realisierung von Pilot- und Demonstrationsanlagen. Mit der Unterstützung mehrerer Projekte in verschiedenen Regionen der Schweiz sowie auch im Ausland sollen – in Zusammenarbeit mit Kantonen, Gemeinden und der Privatwirtschaft – in den nächsten Jahren erste Projekte für die kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung realisiert werden. Wegen des grossen Potenzials – laut IEA [3] weltweit, aber auch lokal in der Schweiz – grosse Hoffnung auf die Technik der Enhanced/Engineered Geothermal Systems (EGS) gesetzt.

Rückblick und Bewertung 2012

Bei der geothermischen Forschung ergaben sich im Jahr 2012 gegenüber den Vorjahren keine grundlegenden Verschiebungen in den Prioritäten. Nach wie vor lag der Fokus auf den Aspekten der tiefen Geothermie. Bei den tiefen hydrothermalen Ressourcen befinden sich derzeit einige Projekte in verschiedenen Stadien der Bearbeitung. Ein erster Er-

folg konnte 2012 mit dem Wärmeprojekt Schlattingen [4] verbucht werden. In einer Tiefe von 1200 m wurde heisses Wasser von ca. 62 °C gefunden. Nach Säuerung der Quelle konnte eine Ergiebigkeit von knapp 8 l/s erzielt werden. Wichtige Fortschritte wurden auch beim Projekt der Stadt St. Gallen erzielt. Ende Jahr war der Bohrplatz weitgehend vorbereitet, sodass ein Bohrbeginn im ersten Quartal 2013 möglich wird [5]. Das Projekt St. Gallen hat eine Zusage für die Bürgerschaft zur Risikoabsicherung gemäss Energiegesetz erhalten.

Die Forschung im Gebiet der Enhanced Geothermal Systems (EGS) ist langfristig ausgelegt. Die Erfahrungen mit dem Projekt DHM Basel und auch mit Projekten in Deutschland haben gezeigt, dass den Risiko-Aspekten grosse Bedeutung zukommt und dass in diesem Bereich auch forschungsmässig noch viel Arbeit zu leisten ist. Grosse Fortschritte wurden in der Aufarbeitung des Basler Projektes durch das Projekt GEOTHERM [6] erzielt. Die Schweizer Beteiligung am EGS – Pilotprojekt Soultz [7] wurde 2012 abgeschlossen. Wegen der langfristigen und aufwändigen Forschung in diesem Bereich wurde die internationale Vernetzung über Organisationen wie der IEA [8], der IPGT [9] oder dem 2012 begonnenen EU-Projekt Geothermal ERA-NET [10] weiter ausgebaut.

Bei der untiefen Geothermie wurden insbesondere Projekte mit tiefen Erdwärmesonden – im Bereich von 300–1000 m – unterstützt. Damit kann längerfristig der EWS-Markt weiter ausgeweitet werden. Weitere wichtige Arbeiten betrafen die Bereiche Energiepfähle sowie Studien über EWS in geologisch kritischen Zonen.

Ausblick

Für das Jahr 2013 sind beim Forschungsprogramm keine grundsätzlichen Änderungen geplant. Das Detailkonzept für die Jahre 2013–2016 setzt die Fokussierung auf hydrothermale Geothermie und Enhanced / Engineered Geothermal Systems fort und präzisiert die vorgesehenen Arbeitsbereiche. Von kurzfristig höchster Priorität ist es, im hydrothermalen Bereich erste Erfolge zu erzielen und damit die praktische Nutzbarmachung dieser Ressource nachzuweisen. Hier liegen die Hoffnungen vor allem auf dem Projekt Geothermie St. Gallen, bei dem die Bohrarbeiten im ersten Quartal 2013 beginnen werden. Nachdem die erste Bohrung in Schlattingen ermutigende Resultate ergab, wird 2013 bei diesem Projekt eine zweite, abgelenkte Bohrung abgeteuft.

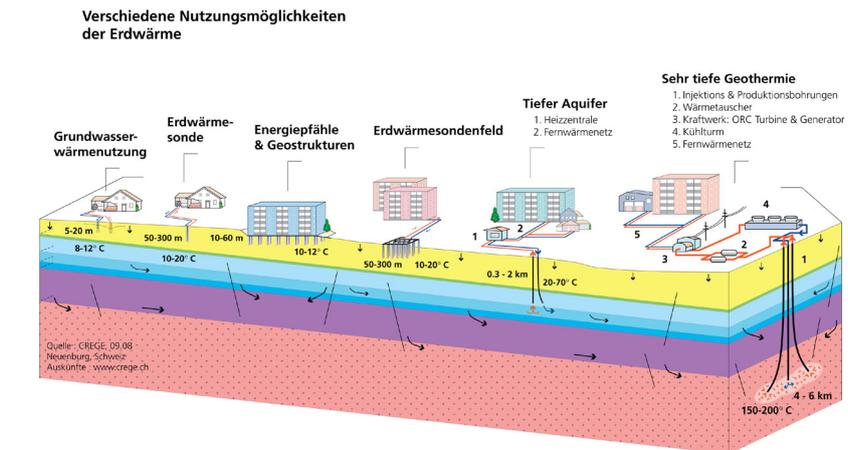
Neben der Unterstützung von Forschungs- sowie Pilot- und Demonstrationsprojekten in der Schweiz ist auch eine weitere Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit geplant. Insbesondere im Bereich der Enhanced/Engineered Geothermal Systems soll die Mitwirkung von Schweizer Forschern in verschiedenen Arbeitsgruppen der IPGT intensiviert werden. Wichtig ist auch die weiterhin intensive Beteiligung der Schweiz an den europäischen Projekten «Geothermal ERA-NET» und «GeoMol» [11] sowie am Geothermieprogramm der IEA, bei dem die Schweiz ab 2013 die Leitung für den Annex 8 «direct use» übernimmt.

Highlights aus Forschung und Entwicklung

Geothermie-Ressourcen in Davos

Ausgehend vom Wärmebedarf des neuen Erweiterungsbaus für das Kongresszentrum und des Hallenbads Davos wurden Untersuchungen zum geothermischen Potenzial des Gebiets vorgenommen. Mit dem Ersatz fossiler Energieträger durch Erdwärme könnte der CO₂-Austoss der erwähnten Bauten massiv reduziert werden. Weil die Nutzung der Erdwärme über ein Erdsondenfeld nicht realisiert werden kann, musste man die Nutzung auf Grundwasser aus tieferen Schichten konzentrieren. Die im Jahr 2010 begonnene geothermische Ressourcenanalyse umfasste seismische Untersuchungen zur Identifikation der tektonischen und strukturellen Verhältnisse mit je einem Quer- und Längsprofil. Die Analyse der seismischen Messdaten bestätigte die Zweckmässigkeit einer Erkundungsbohrung. Diese Bohrung konnte schliesslich vom Mai bis Juli 2012 bis zu einer Tiefe von 400 m erfolgreich realisiert werden. Die mit dem Bohrloch erschlossene Quelle liefert – ohne Absenkung – rund 1200 l/min bei einer Temperatur von 11,4 °C (Figur 2). Dieser Ertrag eignet sich für eine Nutzung mit Wärmepumpen wobei eine gute Arbeitszahl erreichbar sein wird. In einem weiteren Arbeitsschritt wurden im Hinblick auf die Nutzung verschiedene Untersuchungen an der Bohrung vorgenommen:

- Zweistufiger Auslaufversuch mit Logging des Kalibers, der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit am Ende jeder Stufe (Stufe 1 ca. 700 l/min, Stufe 2 ca. 1300 l/min), Entnahme und Analyse von Wasserproben. Figur 2 zeigt das Resultat des Auslaufversuchs der Geothermie-Bohrung.
- Zweistufiger Pumpversuch mit Logging des Kalibers, der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit am Ende jeder Stufe (Stufe 3 ca. 2000 l/min, Stufe 4 ca. 2500 l/min), Entnahme und Analyse von Wasserproben (technische Wasserqualität, Isotopenuntersuchungen und Wasseralter).
- Grundwasser- und Quellüberwachung bei verschiedenen bestehenden Wasserfassungen.



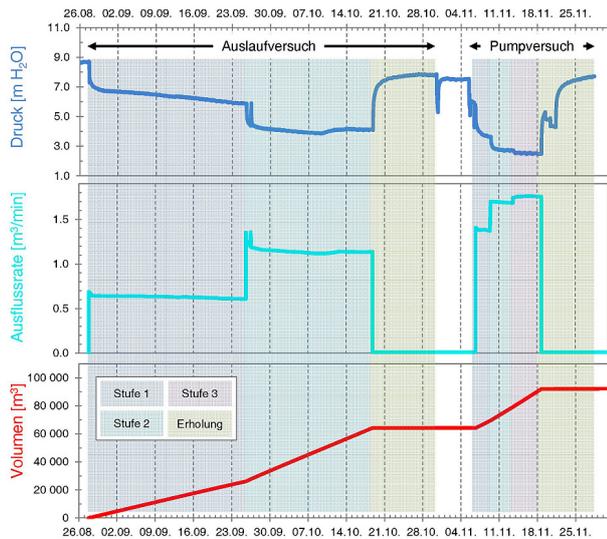
Figur 1: Die Nutzungskonzepte der Geothermie reichen von Erdwärmesonden im oberflächennahen Bereich über die direkte Nutzung der heissen geothermalen Fluide bis hin zur Strombereitstellung.

Neben der direkten Verwendung für das Kongresszentrumprojekt erlauben die Untersuchungen auch generelle Aussagen über die geothermischen Nutzungsmöglichkeiten an anderen Standorten der Landschaft Davos, wo ein grosses Wärmebedarfspotenzial durch Substitution fossiler Heizsysteme besteht. Aus den Pumpversuchen, deren Ergebnisse Anfang 2013 vorliegen werden, erhofft man sich auch Erkenntnisse über die Möglichkeit, tiefer liegende, wärmere Aquifere zu erschliessen. Neben dem lokalen Nutzen werden auch Resultate erwartet, welche für andere Standorte in alpiner Lage nützlich sein werden.

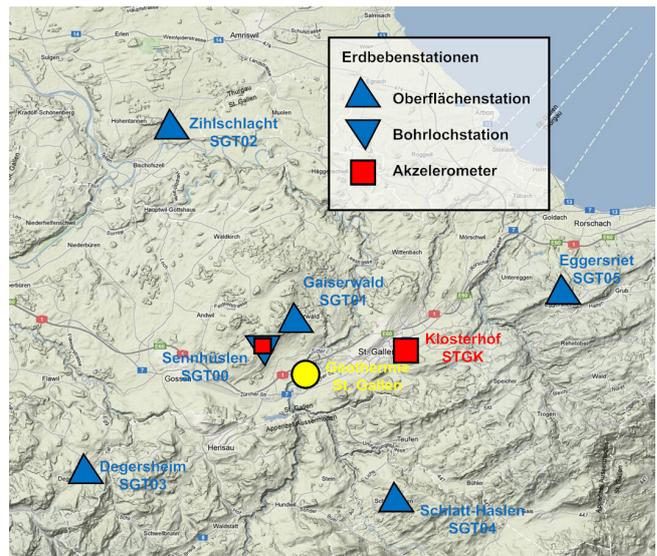
Seismologische Überwachung tiefer Geothermie-Projekte

Ziel des Projektes GeoBest ist, einen Beitrag zur langfristigen Entwicklung der Tiefengeothermie zu leisten. Dazu unterstützt der Schweizerische Erdbebendienst SED [13] einerseits Pilotprojekte in den drei seismotektonisch stark unterschiedlichen Zielregionen der Tiefengeothermie in der Schweiz bei der seismischen Überwachung und Gefährdungsabschätzung. Andererseits soll ein Leitfaden für kantonale Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden zu diesen Themen erarbeitet werden, welcher die Planungssicherheit von zukünftigen

Projekten verbessern soll. Im Einzelnen werden ausgewählte Pilotprojekte bei der seismologischen Überwachung und Dateninterpretation unterstützt. Ziel ist dabei, den Dialog zwischen SED und Betreibern zu fördern und dem SED Zugang zu den relevanten Betriebsdaten zu ermöglichen sowie in der Anfangsphase der Projekte praktische Erfahrungswerte zu sammeln und hochqualitative Daten zu erheben. Der Leitfaden umfasst Erstellung, Betrieb und Beurteilung von seismischen Überwachungsnetzen von Tiefengeothermie-Projekten sowie Auswertung und Dokumentation der registrierten Seismizität (Lokalisierungsmethoden, Magnitudenbestimmung, Bodenunruhe, optimale Netzwerkkonfiguration), in Abstimmung mit Betreibern, Kantonen und Bund und der Serviceindustrie. Der Leitfaden beinhaltet unter anderem eine Zusammenstellung der «Best Practice» im Bereich Risikoanalysen und Interventionskonzepte sowie Vorschläge für Richtwerte für maximal zulässige Magnituden und Bodengeschwindigkeiten oder probabilistische Erwartungswerte dieser Grössen. Der Leitfaden ist eng mit dem EU FP7 Projekt GEISER [14] verknüpft. GEISER hat eine ähnliche Zielsetzung auf europäischer Ebene, wenngleich keine aktive Messkomponente. Der SED nimmt in GEISER eine Schlüsselfunktion in der Entwicklung von Richtlinien zur Überwachung und Gefährdungsanalyse ein. Eine Empfehlung für die seismologische Überwa-



Figur 2: Auslaufversuch der Geothermie-Bohrung in Davos: Eine Wasserentnahme führt zu einer Senkung des Wasserspiegels im Bohrloch und damit zu einer Druckminderung. Die Ausflussrate ist direkt korrelierbar mit dem Wasserspiegel und Wasserdruck im Bohrloch. Somit können nachhaltige Wasserentnahmen ermöglicht werden – in diesem Test rund 80'000 m³.



Figur 3: Projekt GeoBest: Positionen der Sensoren für die Überwachung einer möglichen, aber nicht-spürbaren Seismizität im Rahmen des Geothermieprojekts St. Gallen. Das Echtzeitmonitoring ist öffentlich zugänglich unter www.seismo.ethz.ch/monitor/temp_net/slg/index.

chung von induzierter Seismizität wurde mit massgeblicher Beteiligung des SED im Rahmen der Arbeitsgruppe Induzierte Seismizität des Forschungskollegiums Physik des Erdkörpers FKPE [15] erarbeitet. Sie wird als Grundlage für einen Schweizerischen Leitfaden dienen.

Die Hardware für 12 seismologische Messstationen wurde Ende 2010 beschafft. Diese Geräte bilden einen Instrumenten-Pool, der zur Überwachung von gleichzeitig zwei Pilotprojekten ausreicht. Jeweils sechs Messstationen werden einem Pilotprojekt für die Dauer

von maximal zwei Jahren zur Verfügung gestellt. Sechs seismologische Messstationen des GeoBest -Instrumenten-Pools waren ab August 2011 für Bodenunruhemessungen bei der Standortsuche für das Überwachungsnetz des Geothermieprojekts der Sankt Galler Stadtwerke [16] im Einsatz. Seit Februar 2012 sind diese Messgeräte an sechs Standorten im Grossraum St. Gallen installiert und liefern wichtige Daten zur Erfassung der natürlichen Hintergrundseismizität in der Umgebung der geplanten Tiefbohrungen (Figur 3).

Im Weiteren wurde Software zur Planung und Beurteilung von seismologischen Überwachungsnetzen erstellt und an regionalen und lokalen Beispielen getestet. Die Software wurde für die Planung des Überwachungsnetzes für das erste Pilotprojekt eingesetzt. Weitere Softwarepakete zur Abschätzung der Störsignalverminderung mit der Bohrlochtiefe und der Detektionswahrscheinlichkeit von Störungen mit 3D-Seismik sowie der zur Analyse von induzierter Seismizität sind in Bearbeitung.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Tiefenbohrverfahren mittels hydrothormaler Flamme

Die Entwicklung von kostengünstigen Bohrverfahren ist für den langfristigen Erfolg der tiefen Geothermie, insbesondere der EGS-Technik, von entscheidender Bedeutung. Im Rahmen des Projekts Hydrothermal Spallation Drilling wird eine neuartige Bohrtechnologie für tiefe geothermische Bohrungen untersucht. Bei diesem Verfahren wird die oberste

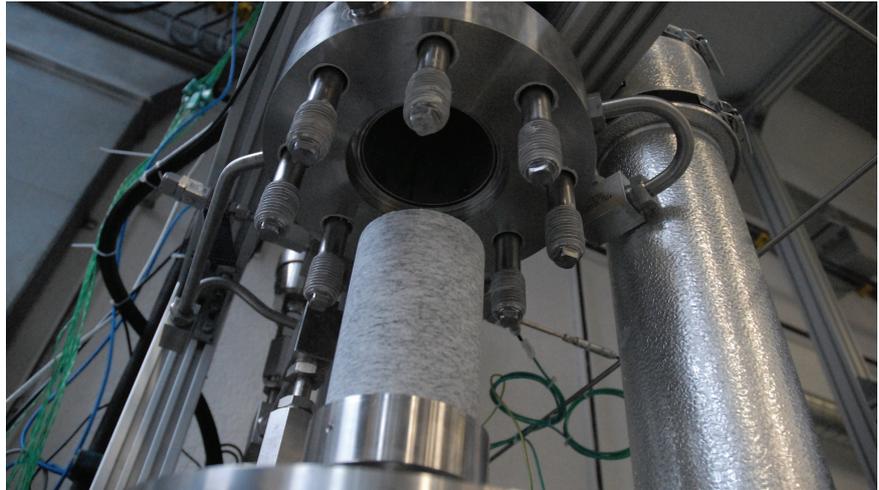
Gesteinsschicht mit Hilfe einer auftretenden Flamme sehr schnell aufgeheizt. Aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit des Gesteins wird ein steiler Temperaturgradient in den oberen Gesteinsschichten induziert, was zu hohen thermischen Spannungen aufgrund von Längenausdehnung führt. Diese Spannungen werden schliesslich durch das Abplatzen der oberen Gesteinsschicht abgebaut. Am Institut für Verfahrenstechnik der ETH Zürich [12] wurde eine

Pilotanlage gebaut (Figur 4), in welcher der Bohrvorgang in wässriger Umgebung und unter hohem Druck (250 bar) simuliert werden kann. Dabei gilt es, die Herausforderungen aufzuzeigen, die unter solchen Bedingungen entstehen können.

Für den Erfolg einer Tiefenbohrung ist der Einsatz einer geeigneten wasserbasierten Bohrspülung unerlässlich. Dass es möglich ist, eine Flamme direkt in überkritischem Wasser (>374 °C und

>221 bar) zu betreiben, wurde in vorangegangenen Forschungsprojekten im Bereich der überkritischen Nassoxidation bereits gezeigt. Über dem kritischen Punkt verändert Wasser seine thermophysikalischen Eigenschaften; es ist weniger polar, hat keine Phasengrenzflächen mehr und damit gute Transporteigenschaften für eine Verbrennung. In einem wassergefüllten Bohrloch ab ca. 2,5 Kilometer Tiefe überschreitet der hydrostatische Druck den kritischen Druck für Wasser (221 bar) und somit eignet sich dieses Konzept der hydrothermalen Flamme als Wärmequelle für die Spallation Drilling Technology.

Um die Machbarkeit von «Hydrothermal Spallation Drilling» zu demonstrieren und das Konzept näher an die industriellen Anwendung zu bringen, sind aktuell drei Forschungsprojekte an der ETH Zürich im Gange. Ein bestehender Hochdruckreaktor wurde umgebaut und spezielle Wärmeflussensoren für eine wässrige Umgebung entwickelt. Damit soll der Wärmeübergang einer hydrothermalen Flamme auf eine metallische Platte experimentell untersucht werden. Eine weitere Arbeit befasst sich mit der



Figur 4: Pilotanlage zur Entwicklung von Tiefenbohr-Verfahren mittels hydrothormaler Flamme: Gesteinsproben werden in-situ Bedingungen (>374 °C und >221 bar) ausgesetzt. Eine hydrothermale Flamme wird innerhalb des Druckbehälters aus Stahl gezündet. Die resultierenden thermalen Spannungen werden durch den Ausbruch der Gesteinskörner abgebaut – es entsteht ein Bohrloch.

theoretischen Beschreibung der Vorgänge mittels Modellen und Simulationen. Das Ziel ist die Entwicklung eines «Engineering Tools» für die zukünftige Auslegung eines möglichen Bohrkopfes. Schliesslich soll, basierend auf den ersten Resultaten der genannten Projekte

eine wesentlich grössere Hochdruck-Pilotanlage entwickelt und gebaut werden. Experimente mit Gesteinsproben werden es erlauben, alle notwendigen Parameter und Funktionen im Hinblick auf die kommerzielle Anwendung dieser Technologie zu untersuchen.

Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr wurde insbesondere mit den nachstehend aufgeführten Schweizer Institutionen zusammengearbeitet. Im Weiteren wurde wiederum ein «Round Table»-Anlass gemeinsam mit geothermie.ch organisiert und das Forschungsprogramm *Geothermie* an verschiedenen Konferenzen und Tagungen vorgestellt.

1. *Universitäten und Fachhochschulen:* ETHZ (Departemente für Verfahrenstechnologie und Maschinenbau und Erdwissenschaften, Schweizerischer Erdbebendienst SED), Universität Basel, Université de Neuchâtel und Laboratoire Suisse de Géothermie CREGE, Neuchâtel, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil, EPFL (Département de génie civil, Institut des sols, roches et fondations).

2. *Stromindustrie und Wärmeversorgung:* Axpo AG, Neue Energien, Glattbrugg, Sol-E Suisse AG, Bern, Geo-Energie Suisse AG, Basel, Services Industriels de Genève, Services Industriels de Lausanne, Canton de Vaud: service de l'environnement et de l'énergie, Technische Betriebe St. Gallen, Stadtwerk Winterthur, Gemeinde Landschaft Davos.

3. *Bundesämter, Agenturen und Fachverbände:* Swisstopo, Bundesamt für Umwelt, Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE, APES), Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz (AVES), BAFU, Geothermie.ch, SBF, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) u.a.

4. *Energiefachstellen verschiedener Kantone*

5. *Wissens- und Technologietransfer:* Am 26. September 2012 wurde gemeinsam mit Geothermie.ch wiederum ein «Round table» zu den Aspekten der Tiefengeothermie durchgeführt mit dem Ziel der gegenseitigen Information der verschiedenen Akteure. Insbesondere ergab sich ein Informationsaustausch und Diskussion bezüglich der rechtlichen, wirtschaftlichen und verfahrenstechnischen Rahmenbedingungen auf nationaler und kantonaler Ebene. Aktuelle Schweizer Projekte in verschiedenen Phasen der Bearbeitung wurden vorgestellt und diskutiert.

Weitere Aktivitäten im Bereich Wissens- und Technologietransfer waren die Journée Romande de Géothermie am 27.11.2012 in Yverdon sowie vom 22.–28. September 2012 ein IPGT Workshop in Castasegna (GR) zum Thema «Benchmarks for geothermal code development and testing», welcher von der ETHZ organisiert wurde.

Internationale Zusammenarbeit

International Energy Agency (IEA) [8]: Das «Geothermal Implementing Agreement GIA» bietet einen ausgezeichneten Rahmen international zu den folgenden Themen zu kooperieren; (1) Umweltaspekte geothermischer Projekte, (2) Enhanced Geothermal Systems, (3) zukünftige Bohrtechnologien und (4) direkte Nutzung geothermischer Ressourcen. Das GIA ist derzeit in der dritten 5-Jahresperiode, welche 2013 abläuft und voraussichtlich verlängert wird. Ziele sind, die existierende Technologien zu verbessern und neue Technologien zu entwickeln, den Know-how-Transfer zu intensivieren, Informationen verfügbar zu machen und die Vorteile der Nutzung geothermischer Ressourcen zu kommunizieren.

Um der Geothermie – einer im Angesicht des enormen Potenzials notorisch unterschätzten erneuerbaren Ressource – eine bessere Positionierung zu ermöglichen, hat das IEA Sekretariat 2011 eine «Geothermal Technology Roadmap» erarbeitet, welche die erwartete Entwicklung der geothermischen Energiegewinnung weltweit aufzeigt. Die Schweiz hat sowohl personelle als auch finanzielle Ressourcen dafür zur Verfügung gestellt. Die IEA Roadmap wurde im Sommer 2011 publiziert [3].

International Partnership for Geothermal Technology IPGT [9]: Diese Partnerschaft wurde von den Gründerstaaten Australien, Island und der USA im August 2008 gegründet, im Oktober 2010 trat die Schweiz der Partnerschaft bei. Im Jahr 2011 schloss sich auch Neuseeland der IPGT an. Die IPGT basiert auf einem Staatsvertrag, der bezweckt gemeinsame spezifische F&E und Pilot- und Demonstrationsprojekte durchzuführen. Die Organisation bezweckt die Entwicklung der Tiefengeothermie voranzutreiben – insbesondere im EGS Bereich. Die Schwerpunkte, welche von 7 Working Groups bearbeitet werden, umfassen (1) kostengünstige Bohrtechnologien, (2) zonale Isolation und Packertechnologie, (3) Hochtemperatur-Messinstrumente, (4) Stimulationsmethoden, (5) numerische Simulationen, (6) Explorationstechnologien und (7) induzierte Seismizität. Für die Schweiz stehen im Lichte der Erfahrungen des Basler EGS Projektes die Stimulationsmethoden und die induzierte Seismizität im Vordergrund.

7. Rahmenprogramm der Europäischen Union – Geothermal ERA-NET [10]: Das EU-Projekt Geothermal ERA-NET bezweckt die Koordination und Zusammenarbeit der Forschungsprogrammleiter der europäischen Teilnehmerlän-

der (ISL, NL, F, D, CH, IT, HU, SK, TK) auf dem Gebiet der Geothermie-Forschung. Damit soll der Informationsaustausch und die Effizienz der Forschungsförderung verbessert werden. Zusammen mit anderen ERA-NET-Projekten soll die europaweite Energieforschung gemäss dem SET-Plan (European Strategic Energy Technology Plan) besser koordiniert werden. Ebenso ist eine enge Zusammenarbeit mit dem IEA-GIA sowie der IPGT vorgesehen. Das Projekt wurde 2012 gestartet und hat eine Dauer von 4 Jahren.

GeoMol [11]: Das transnationale Projekt GeoMol wird vom Alpenraumprogramm im Rahmen der Europäischen Territorialen Kooperation gefördert. Beteiligt sind die Länder Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich, Slowenien und die Schweiz. Im Zeitraum von September 2012 bis Juni 2015 werden Grundlageninformationen über die geologischen Strukturen des Molassebeckens und Po-Beckens erarbeitet und bewertet. Ziel des Vorhabens ist es, bis in 5'000 m Tiefe dreidimensionale Untergrund-Informationen bereitzustellen. Die bis über 5000 m tiefen Molassebecken entlang der Ränder des Alpenbogens sind in weiten Bereichen sowohl für die geothermische Nutzung geeignet, als auch für die Speicherung von Erdgas oder Kohlendioxid. Die Nutzung dieser Geopotenziale steht zum Teil auch in Konkurrenz zur Öl- und Gask Gewinnung. Deshalb erfordert die Bewertung von Geopotenzialen einen ganzheitlichen und transnationalen Ansatz. Neben dem BFE sind von Schweizer Seite die swisstopo sowie der Kanton Genf beteiligt.

EGS Pilotanlage in Soultz-sous-Forêts, France [7]: Das EGS-Projekt Soultz befindet sich seit 2010 in einer Produktions- und Testphase. Einerseits wird das Projekt von einem deutsch-französischen Industriekonsortium betrieben, andererseits haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Zugang durch ein wissenschaftliches Begleitprogramm. Dieses umfasst das Studium des Reservoirs während einer längerfristigen Zirkulation sowie die Untersuchung des Betriebsverhaltens der Untergrund- und Produktionsanlagen. Die schweizerischen Beiträge haben sich 2012 hauptsächlich auf die Arbeiten des Geothermielabors der Universität Neuenburg konzentriert, und dort insbesondere auf die numerische Simulation des Fliessverhaltens im Reservoir. Die Arbeiten der Schweizer Beteiligten wurden 2012 abgeschlossen, die Schlussberichte werden Anfang 2013 publiziert.

Referenzen

- [1] Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS: www.fws.ch
- [2] Laboratoire de mécanique des sols, EPFL: <http://lms.epfl.ch/>, *Understanding the Thermo-Mechanical Behaviour of Energy Piles*, Laloui, Lyesse ; Di Donna, Alice, *Civil Engineering*, vol. 164, 2011
- [3] IEA Geothermal Roadmap: www.iea.org/papers/2011/Geothermal_Roadmap.pdf
- [4] Website der Firma Grob, Schlattingen: www.grob-gemuese.ch
- [5] Pilotprojekt St Gallen: www.geothermie.stadt.sg.ch/
- [6] Website des Projekts Geotherm an der ETHZ: www.cces.ethz.ch/projects/nature/geotherm
- [7] Website des EGS-Pilotprojekts Soultz-sous-Fôrets: www.geothermie-soultz.fr/
- [8] International Energy Agency, *Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Geothermal Energy Research and Technology*: www.iea-gia.org
- [9] International Partnership for Geothermal Technology <http://internationalgeothermal.org>
- [10] Website des Projekts ERA-NET: www.geothermaleranet.is
- [11] Website des Projekts GeoMol: www.geomol.eu
- [12] Präsentation des ETH-Projekts «spallation drilling»: www.esc.ethz.ch/events/frontiers/121128_Schuler_FiER.pdf
- [13] Website des Projekts GeoBest des Schweiz. Erdbebendienstes: www.seismo.ethz.ch/research/groups/spec/projects/Project-GeoBest/index/
- [14] Website des Projekts GEISER: www.geiser-fp7.eu
- [15] Position des FKPE e.V. zur Induzierten Seismizität : www.gpi.kit.edu/downloads/fkpe_ueberw_ind_seis.pdf
- Weitere Referenzen von allgemeinem Interesse (ohne Verweis):
- [a] GEOTHERMIE.CH: www.geothermie.ch
- [b] International Geothermal Association: www.geothermal-energy.org/

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

- CONSTRUCTIVE RECOMMENDATIONS FOR OPTIMIZED AND RELIABLE HEAT EXCHANGER PILE SYSTEMS** R&D 3.5*

Lead:	EPFL/DGC/LMS, Ecublens	Funding:	BFE
Contact:	Laloui Lyesse lyesse.laloui@epfl.ch	Period:	2010–2014

Abstract: Heat exchanger piles are combining structural functions with energy management functions. They are used to heat or cool buildings. The objective of the project is to derive constructive recommendations for heat exchanger piles, based on a scientific knowledge of the interaction between the energy demand and the thermal behaviour of the soil taking into account the effects of temperature cycles applied to the pile/soil system.

- GRETEL II : GEOTECHNICAL RELIABILITY OF THERMO-PILES ENERGY** R&D 3.5

Lead:	EPFL/DGC/LMS, Ecublens	Funding:	BFE
Contact:	Laloui Lyesse lyesse.laloui@epfl.ch	Period:	2010–2013

Abstract: Ziel des Projekts ist es, das Verhalten einer Gruppe von Energiepfählen unter einer Fundamentplatte zu untersuchen. Die Wechselwirkungen zwischen den Pfählen via die Fundamentplatte werden durch in situ-Messungen von Stress, Temperatur und Porendruck des Wassers bei unterschiedlichen thermischen Belastungen der Pfähle untersucht. Mit den Resultaten soll das Designtool Thermo-Pile weiterentwickelt werden.

- GEOTHERMAL RESERVOIR OF THE EGS PILOT PLANT AT SOULTZ-SOUS-FORÊTS (FRANCE): MONITORING OF THE EXPLOITATION AND PREDICTION OF ITS BEHAVIOUR** R&D 3.5

Lead:	Deep Heat Mining Association	Funding:	BFE
Contact:	Vuataz François-D. francois.vuataz@unine.ch	Period:	2007–2012

Abstract: The Soultz project of the European Union is the most advanced deep EGS project worldwide with regard to research and development. After 22 years of research, a pilot power plant was inaugurated in June 2008. Thanks to a careful monitoring of all reservoir parameters, the coming project phase will bring for the first time a wealth of data on the continuous production/injection exploitation of the EGS reservoir.

- **3D-RESERVOIRMODELL REGION BASEL FÜR EINE ENERGIE-RELEVANTE NUTZUNG (Z. B. GEOTHERMIE, CARBON STORAGE)** R&D 3.5

Lead: Universität Basel	Funding: BFE
Contact: Huggenberger Peter peter.huggenberger@unibas.ch	Period: 2009–2012

Abstract: Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines geologischen 3D-Modells der Region Basel als neuartiges Werkzeug für die Tiefenreservoirbewirtschaftung und Raumplanung. Das Reservoirmodell kann als Planungsinstrument eingesetzt werden, z. B. zur Evaluierung geothermischer Verfahren (EGS, Doublette u.a.), sein. Es sollen sowohl Reservoirigenschaften, geothermisches Potential als auch etwaige Risiken aus dem Modell ableitbar sein.
- **GEOTHERM - GEOTH. RESERVOIR PROCESSES: RESEARCH TOWARDS THE CREATION AND SUSTAINABLE USE OF ENHANCED GEOTHERMAL SYSTEMS** R&D 3.5

Lead: ETHZ Geologisches Inst.	Funding: BFE
Contact: Evans Keith Frederick keith.evans@erdw.ethz.ch	Period: 2009–2012

Abstract: A consortium of research groups lead by ETH-Z collaborate in a comprehensive program of basic research on key aspects of Enhanced Geothermal Systems (EGSs). Novel observation techniques and process-simulation tools will be developed, partly building on data provided by the industrial developers of the Basel Project. The overall aim of the project is to better understand the relevant processes and improve the predictability of EGS.
- **ERGÄNZUNGSLEISTUNGEN AM BOHRLOCH KGZ DAVOS** R&D 3.5

Lead: Landschaft Davos Gemeinde	Funding: BFE
Contact: Calonder Gian-Paul gian-paul.calonder@davos.gr.ch	Period: 2012–2013

Abstract: Nach erfolgreichem Abschluss der Bohrung auf eine Tiefe von 400 m für die Wärmeversorgung des Kongresszentrums / Hallenbad Davos, werden mit Tests Bohrloch-Logs die hydraulischen und geothermischen Eigenschaften der Araser Dolomiten, dem Reservoir für die geothermische Nutzung des Davoser Kongresszentrum, bestimmt. Die Ergebnisse dienen der Auslegung der zukünftigen Nutzung und dienen dem Kanton als Grundlage für die Bewilligung.
- **OPTIMIERUNG VON ERDWÄRMESONDEN** R&D 3.5

Lead: Zürcher Hochschule für angew. Wissenschaften, Wädenswil	Funding: BFE
Contact: Hubbuch Markus hubb@zhaw.ch	Period: 2009–2014

Abstract: Mit der Optimierung der Sondenbauweise soll eine deutliche Erhöhung der JAZ von Wärmepumpen mit Erdwärmesonden erreicht werden. Für die sichere Planung optimierter Anlagen werden die nötigen Grundlagen. Im zweiten Projektteil werden alternative Sondenfluide und -bauarten in Pilot- und Feldversuchen getestet und/oder demonstriert. Die Ergebnisse werden ausgewertet und den Nutzern über www.erdsondenoptimierung.ch/ zur Verfügung gestellt.
- **PILOTANLAGE ZUR ENTWICKLUNG VON TIEFENBOHR-VERFAHREN MITTELS HYDROTHERMALER FLAMME** P&D 3.5

Lead: Institut für Verfahrenstechnik IPE, ETH Zürich	Funding: BFE
Contact: Rudolf von Rohr Philipp vonrohr@ipe.mavt.ethz.ch	Period: 2009–2012

Abstract: Das Projekt will die Machbarkeit des Bohrverfahrens „thermal spallation drilling“ im überkritischen Bereich anhand einer Pilotanlage zu demonstrieren und die wichtigen Parameter für das «upscaling» in Feldversuche bestimmen. Im Weiteren sollen die Wirtschaftlichkeit der Technologie im Vergleich zur konventionellen Bohrtechnologie untersucht und erste Schritte für die kommerzielle Umsetzung unternommen werden.
- **UTILISATION DE GÉOTHERMIE PROFONDE POUR LE CHAUFFAGE DE GRANDS BÂTIMENTS AVEC DES POMPES À CHALEUR À TRÈS HAUTE PERFORMANCE** R&D 3.5

Lead: Planair SA, La Sagne	Funding: BFE
Contact: Rognon Fabrice fabrice.rognon@planair.ch	Period: 2009–2012

Abstract: Le but consiste à définir les techniques pour utiliser les ressources géothermiques dans la tranche de profondeur de 300 à 800 mètres pour des bâtiments de puissance thermique à partir de 100kW environ. Actuellement, pour ces bâtiments, la source de chaleur est généralement un champ de sondes géothermiques verticales classiques ce qui pose plusieurs problèmes : le besoin de place, les coûts de raccordements et les délais de réalisation.
- **GRUNDLAGENSTUDIE ZUR ERSTELLUNG EINER GEOTECHNISCHEN WEGLEITUNG FÜR EWSBOHRUNGEN MIT POTENZIELL GIPS- UND ANHYDRITHALTIGEN GESTEINEN** R&D 3.5

Lead: Eberhard & Partner	Funding: BFE
Contact: Oliver Sachs sachs@eberhard-partner.ch	Period: 2012

Abstract: In der Stadt Staufen i. Br. (Deutschland) führten EWS-Bohrungen zu Hebungsschäden an Gebäuden. Ziel der Studie ist die Erarbeitung einer sicheren Vorgehensweise für EWS-Bohrungen in Gebieten mit potenziell gips- und anhydrithaltigen Gesteinsschichten. Es sollen Massnahmen für die Erstellung von EWS in sulfathaltigen Gesteinsschichten aufgezeigt und daraus resultierend eine Wegleitung erstellt werden.

- **SPALLATION BOHREN: WECHSELWIRKUNG GESTEIN-FLAMME** P&D 3.5
- Lead: ETHZ Funding: BFE
- Contact: Rudolf von Rohr Philipp vonrohr@ipe.mavt.ethz.ch Period: 2011–2014
- Abstract: Das Verhalten einer Flamme beim Auftreffen auf kristallines Gestein soll untersucht werden im Hinblick auf die Verwendung als Bohrsystem insbesondere für geothermische Anwendungen. Die Besonderheit besteht darin, dass die Flamme bei Drücken oberhalb 221 bar brennt. Dabei werden dabei folgende Parameter speziell untersucht: Temperatur, Wärmemenge und Einfluss auf Partikelgrösse, Abtransport und Kontrolle der heissen Zone.
- **GEOHERMIE-BOHRUNG SCHLATTINGEN 2** P&D 3.5
- Lead: Grob Gemüse- und Landbau Funding: BFE
- Contact: Hansjörg Grob info@grob-gemuese.ch Period: 2012–2014
- Abstract: Mit der Geothermiebohrung Schlattingen 1 konnte nach der Anlage in Riehen wieder ein Wärmeprojekt zum Erfolg geführt werden. Der innovative Ansatz für die zweite Bohrung ist wegweisend für weitere Projekte wie z. B. St. Gallen und Lavey-les-Bains. Ebenfalls werden wertvolle Daten gesammelt, welche z. B. in das intern. Projekt GEOMOL einfließen werden. Das Projekt wird auch einen Beitrag zur Entwicklung nachhaltiger Landwirtschaft leisten.
- **GEOSIM: METHODEN UND SOFTWARETOOLS ZUR ECHTZEITBEURTEILUNG DES SEISMISCHEN RISIKOS VON GEOHERMIEPROJEKTEN IM RAHMEN DER UMWELTVERTRÄGLICHKEITSPRÜFUNG** R&D 3.5
- Lead: ETHZ Schweizerischer Erdbebendienst SED Funding: BFE
- Contact: Stefan Wiemer stefan.wiemer@sed.ethz.ch Period: 2012 - 2015
- Abstract: Das Potential der Tiefengeothermie ist mit bis zu 30% des schweizerischen Strombedarfs enorm. Um dieses Potential mittelfristig nutzen zu können ist es zwingend notwendig, das durch induzierte Erdbeben verursachte seismische Risiko abschätzen zu können. Das Projekt GEOSIM entwickelt dazu die wissenschaftliche Methodik, die Algorithmen und Softwaretools um die ab dem Jahr 2014 von der Industrie geplanten Pilotprojekten realisieren zu können.
- **ÜBERSICHTSNOTIZ ZUM THEMA PLANUNG DES UNTERGRUNDS UND GEOHERMIE** R&D 3.5
- Lead: Nägeli Energie Sàrl Funding: BFE
- Contact: Roman Naegeli roman.naegeli@naegeli-energie.ch Period: 2012
- Abstract: Die Studie untersucht die aktuelle Situation betreffend Planung des Untergrunds, insbesondere in Zusammenhang mit der Geothermie. Sie soll aufzeigen, welche Akteure sich mit der Planung des Untergrunds beschäftigen und welche Aktivitäten diesbezüglich im Gange sind. Weiter soll es anhand verschiedener Varianten aufzeigen, wie sich das BFE in Bezug auf die Planung im Untergrund, insbesondere betreffend der Geothermie, positionieren kann.
- **GÉOTHERMIE PROFONDE - NÉCESSITÉ D'AGIR POUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE** R&D 3.5
- Lead: Naegeli Energie, Lausanne; Schenker Korner & Partner GmbH, Luzern; Prof. Poltier, EPFL Funding: BFE
- Contact: Roman Naegeli roman.naegeli@naegeli-energie.ch Period: 2012
- Abstract: L'objectif de l'étude peut être résumé en deux parties: 1) Identification et analyse des enjeux et problèmes en matière d'aménagement du territoire liés au développement de la géothermie profonde, et en particulier aux projets destinés à la production d'électricité, et 2) Identification des besoins d'actions et des instruments à utiliser ou à mettre en place afin de faciliter le développement de la géothermie profonde.
- **GEOMOL CH GEOLOGISCHES 3D-MODELL DES SCHWEIZERISCHEN MOLASSEBECKENS** R&D 3.5
- Lead: swisstopo Funding: BFE
- Contact: Roland Baumberger roland.baumberger@swisstopo.ch Period: 2012 - 2015
- Abstract: Das Projekt GeoMol CH bezweckt, geologische Grundlagen zu wichtigen Fragen zu erarbeiten: Energienutzung, 3D-Raumplanung, Abfalllagerung, Ressourcenmanagement. Folgende Hauptziele werden mit dem Projekt verfolgt: Erstellen einer dreidimensionalen Datenbasis zum Molassebecken, Vereinfachung administrativer Abläufe (Informations- und Bewilligungsverfahren) und Aufarbeitung bereits bestehender Grundlagedaten (Bohrdaten, seismische Linien etc.)
- **ENERGIE AUS DEM INNEM DER ERDE: TIEFENGEOTHERMIE ALS ENERGIETRÄGER DER ZUKUNFT?** R&D 3.5
- Lead: TA-Swiss Funding: BFE
- Contact: Emiliano Feresin emiliano.feresin@ta-swiss.ch Period: 2012 - 2014
- Abstract: Die interdisziplinäre Studie soll die zukünftigen Perspektiven (Chancen und Risiken) der Tiefengeothermie als Energiequelle aufzeigen. Vorgesehen ist eine umfassende Abklärung, die sowohl technische als auch wirtschaftliche, gesellschaftliche und rechtliche Aspekte der Tiefengeothermie berücksichtigt, unter Berücksichtigung der energiepolitischen Strategie des Bundes und der zu erwartenden politische Diskussion.

