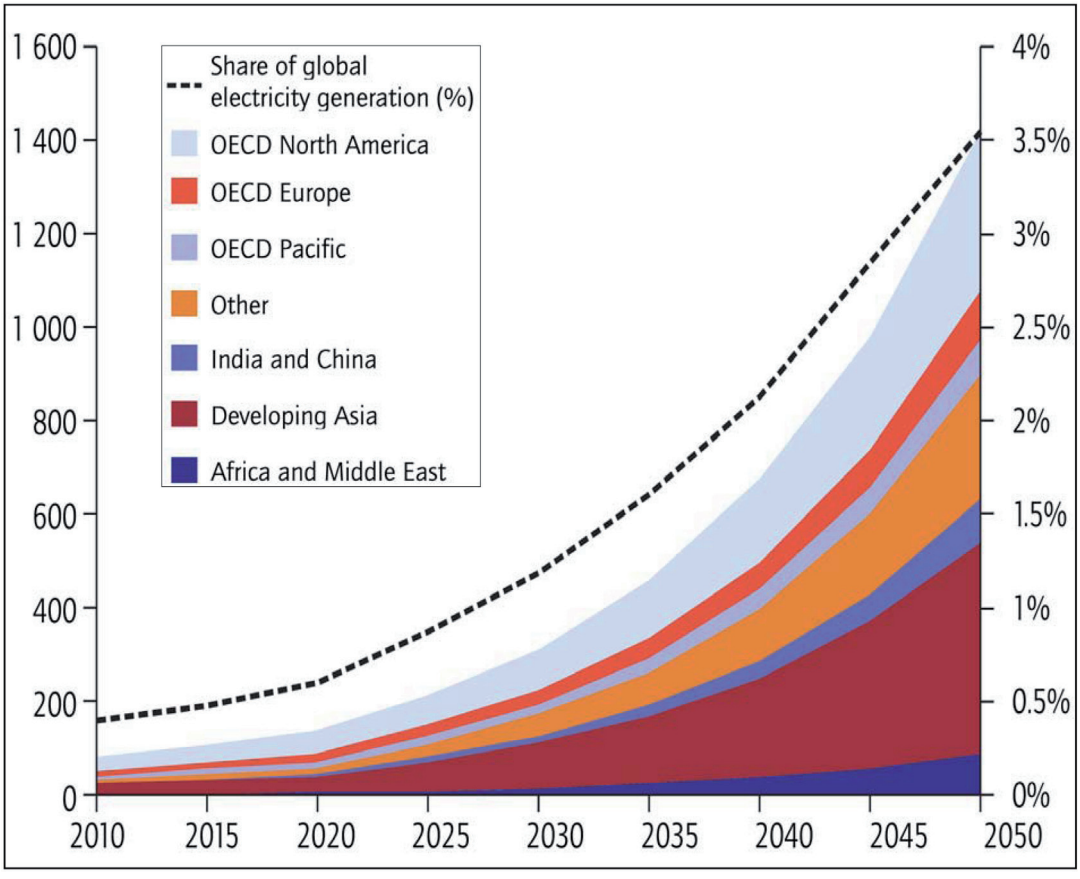
Überblicksbericht 2011

Forschungsprogramm Geothermie



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:

IEA Geothermal Technology Roadmap

Die Entwicklung der weltweiten geothermischen Stromproduktion nach der Roadmap der Internationalen Energie-Agentur IEA

BFE Forschungsprogramm Geothermie
Überblicksbericht 2011

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 2010 wurden rund 2'330'000 m Erdwärmesonden abgeteuft, davon sind ca. 40% Sanierungen von Altbauten [1]. Für 2011 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 grundsätzlich realisierbar sind. Die Erfahrungen bezüglich der induzierten Seismizität mit dem Projekt in Basel haben auch 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 auch die Teilnahme der Schweiz in internationalen Programmen wie dem IEA-Geothermal Implementing Agreement und der International Partnership for Geothermal Technology IPGT und auch Aktivitäten 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 2011 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 tiefliegender hydrothermaler Ressourcen besteht Forschungsbedarf bei den geophysikalischen Methoden der Prospektion um 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. Langfristig wird wegen des grossen Potentials - laut IEA weltweit, aber auch lokal in der Schweiz grosse Hoffnung auf die Technik der Enhanced / Engineered Geothermal Systems (EGS) gesetzt.

Rückblick und Bewertung 2011

Bei der geothermischen Forschung ergaben sich im 2011 gegenüber den Vorjahren keine grundlegenden Verschiebungen in den Prioritäten, wie sie im Detailkonzept 2008 2012 des Forschungsprogramms Geothermie ausgeführt sind. 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. Somit können voraussichtlich in den nächsten Jahren erste Anlagen realisiert werden, was für die Geothermie in der Schweiz einen wichtigen Meilenstein bedeutet. Im vergangenen Jahr wurde auch das erste Gesuch für eine Bürgschaft zur Risikoabsicherung gemäss Energiegesetz für das Geothermie-Projekt in Lavey-les-Bains [3] bewilligt. Wichtige Fortschritte wurden auch bei andern Projekten erzielt, beispielsweise beim Projekt der Stadt St. Gallen [4].

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 [5] erzielt. Aus dieser Sicht bewährt sich die verstärkte internationale Vernetzung mittels Organisationen wie der Internationalen Energie-Agentur IEA [6] oder der International Partnership for Geothermal Technology IPGT [7].

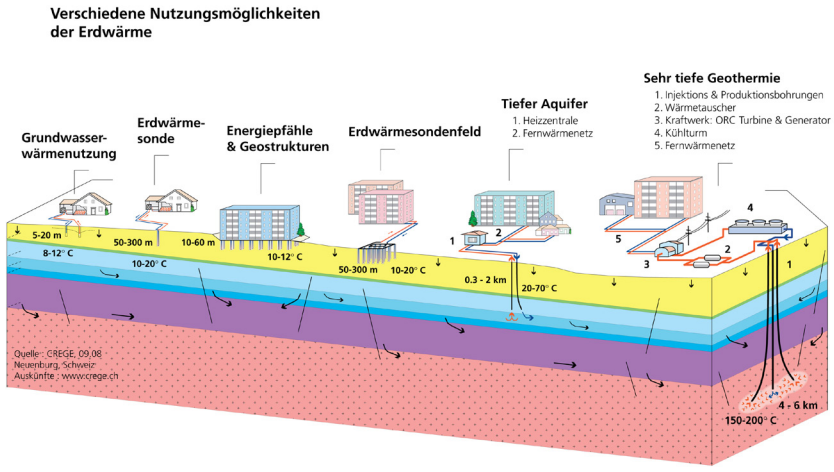
Bei der untiefen Geothermie wurden insbesondere Projekte mit tiefen Erdwärmesonden im Bereich von 300 1000 m unterstützt. Mit solchen Sonden kann geothermische Energie auch in Gebieten gefördert werden, welche sich für den Einsatz der üblichen, 100 200 m tiefen EWS nicht eignen. Damit kann längerfristig der EWS-Markt weiter ausgeweitet werden.

Ausblick

Für das Jahr 2012 sind beim Forschungsprogramm keine grundsätzlichen Änderungen geplant. Das Detailkonzept für die Jahre 2013 2016 wird voraussichtlich die Priorisierung auf hydrothermale Geothermie und Enhanced / Engineered Geothermal Systems fortsetzen. Von kurzfristig höchster Priorität ist es, im hydrothermalen Bereich erste Erfolge zu erzielen und damit die praktische Nutzbarmachung dieser Ressource nachzuweisen. Bei verschiedenen Projekten haben sich Investoren interessiert gezeigt bzw. teilweise bereits Finanzierungszusagen gemacht.

Im Bereich der Enhanced Geothermal Systems soll die Mitwirkung von Schweizer Forschern in verschiedenen Arbeitsgruppen der IPGT intensiviert werden. Neben der Förderung der Forschung ist dabei die Förderung von Pilotanlagen von entscheidender Bedeutung.

Neben der Unterstützung von Forschungs- sowie Pilot- und Demonstrationsprojekten in der Schweiz ist auch eine weitere Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit geplant. Die Schweiz beteiligt sich am europäischen Projekt «Geothermal ERA-NET», welches von der EU-Kommission bewilligt wurde und folgende Länder umfasst: Island (Federführung), Deutschland, Frankreich, Italien, Holland, Ungarn, Slowakei und die Türkei. Ziel des 4-jährigen Programms ist es, die Zusammenarbeit und Koordination der nationalen Forschungs- und Entwicklungs-Institutionen zu verbessern und ein kohärentes europäisches Forschungs- und Entwicklungsprogramm anzustreben.



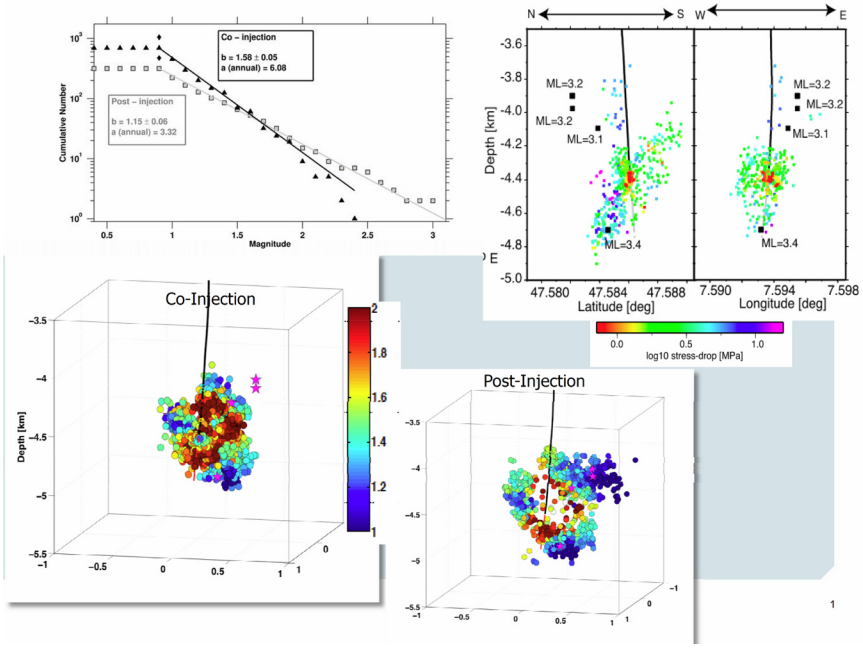
Verschiedenen Nutzungsarten der geothermischen Energie (Quelle: S. Cattin, CREGE)

Highlights aus Forschung und Entwicklung

Induced seismicity: Bi-value mapping / monitoring

Hydraulische Stimulationen sind bei EGS-Systemen notwendig, um die Wärme des tiefen, festen und wasserundurchlässigen Untergrunds zu erschliessen. Dies geschah auch 2006 in Basel, wobei die dadurch erzeugten Erdbebenstösse zum Abbruch des Projekts führten. Seit 2008 werden unter der Federführung der ETH Zürich in einem gross angelegten Forschungsprogramm GEOTHERM [5] die in Basel erfassten Messdaten ausgewertet und Lehren für zukünftige Projekte gezogen. 2011 wurde ein wichtiger Meilenstein erzielt, als Forschernnen der ETH Zürich mittels einer detaillierten Analyse neue Wege aufgezeigt haben, wie die Sicherheit und die Erfolgschancen einer hydraulischen Stimulation erhöht werden können. Zum Einen wurden durch Analyse der Spektren der Erdbebenwellen aus dem Jahre 2006 die Spannungsabfälle während der Erdbeben bestimmt. Erdbeben entstehen in dem Moment, wenn die Festigkeit des Gesteins geringer ist als die Spannungen im Gestein. Dabei wurde fest gestellt, dass die Spannungsabfälle - ein Massstab für die frei gesetzte Energie - grösser werden, je weiter weg man sich vom Bohrloch entfernt. Für die Geologie um das Basler Bohrloch scheint eine Distanz von rund 300 m eine Schwelle darzustellen, über die nicht hinaus stimuliert werden sollte um die Wahrscheinlichkeit grösserer Erdbeben zu verringern.

Eine weitere Analyse machte sich die Tatsache zu Nutze, dass die Anzahl und Stärke von □ sowohl natürlichen als auch vom Menschen induzierten □ Erdbeben in einer Zone in einem logarithmischen Zusammenhang stehen: es gibt eine sehr viel grössere Anzahl kleiner als grosser Erdbeben. Dieses Phänomen macht sich die Erdbebenvorhersage zu Nutze. Beobachtet man die Anzahl von Erdbeben und deren Grösse, kann man, ähnlich wie bei der Wettervorhersage, kurzfristige Vorhersagen über das Auftreten der nächsten Erdbeben machen. Forscherinnen der ETH Zürich haben an Hand des Basler Datensatzes ein 6-stündiges Vorhersagemodell entwickelt, welches Projektbetreibern frühzeitig erlauben soll, die hydraulische Stimulation zu moderieren oder gar zu stoppen, bevor ein Schadensereignis eintritt. Ein «Epidemic Type Aftershock Sequence» Modell wurde erfolgreich weiter entwickelt, um eine 6-stündige Vorhersage zur Menge und Stärke von Erdbeben während einer hydraulischen Stimulation zu machen. Das Modell wird kontinuierlich mit den während der Stimulation erzeugten Erdbeben aufdatiert und erlaubt so eine Vorhersage des seismischen Gefährdungspotenzial. Die Untersuchungen zeigen, dass das Erdbebenrisiko durch geringere Stimulationsdistanzen reduziert werden kann.

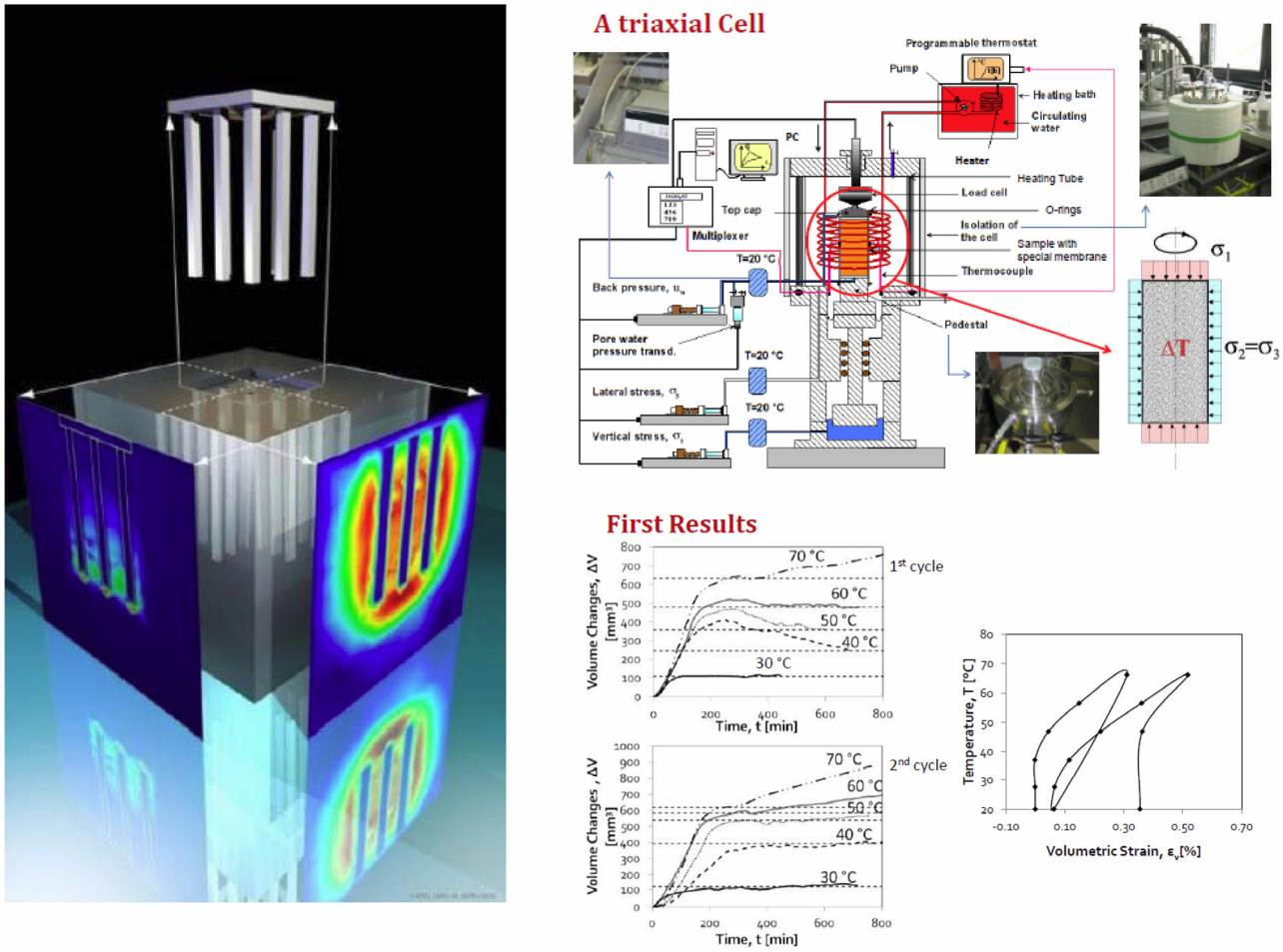


Figur 1: Seismische b-Werte sind nach der Stimulation geringer und nehmen ab mit der Distanz zum Injektionspunkt. Somit wird die Stärke der Erdbeben grösser, je weiter weg man vom Injektionspunkt ist.

Energy piles (EPFL) [2]

Im Labor für Bodenmechanik an der EPFL in Lausanne erarbeitet ein Team von Forschern daran, Empfehlungen zur optimalen und zuverlässigen Konstruktion und Auslegung von Energiepfählen zu machen. Dazu gehört auch die Entwicklung eines neuen Berechnungsprogramms. Bei der Dimensionierung von Energiepfählen und anderen Geostrukturen wurden Berechnungen bisher üblicherweise nur mit einem empirischen Ansatz zum Wärmeaustausch durchgeführt, ohne die mechanischen Effekte der Temperaturschwankungen vollumfänglich zu berücksichtigen. Eine optimale Dimensionierung sollte allerdings die thermomechanischen Effekte mit einbeziehen. Die herkömmliche Auslegung basiert auf den thermischen Eigenschaften- linear pro Meter Pfahllänge berechnet, stützt sich auf empirische Werte und die Analogie zu sehr einfachen Systemen. Aus geotechnischer Sicht beruht die Auslegung bisher auf Erfahrung und Empirie. Dabei ist das Verständnis des gekoppelten thermisch-mechanischen Verhaltens noch sehr rudimentär.

Um zu verbesserten, wissenschaftlich fundierten Verfahren für die Auslegung von Energiepfählen zu gelangen ist es notwendig, die Wechselwirkungen von Energiepfählen und Boden, den Einfluss der Temperatur und des Porenwassers sowie auch die nicht-linearen Eigenschaften des Energiepfahlsystems zu messen und zu modellieren. Die Forscher der EPFL untersuchen die Auslegung der Energiepfähle unter den Gesichtspunkten der Verformungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit. Sowohl Messungen an Energiepfählen, als auch numerische



Figur 2: Im Labor gemessene bodenmechanische Kennwerte dienen als Input in numerische Werkzeuge, um die Auslegung und Design von Energiepfählen unter den Gesichtspunkt der gekoppelten thermischen und mechanischen Belastungen zu optimieren.

Modelle, welche mit experimentell gemessenen Parametern unterlegt sind, demonstrieren, dass thermische Spannungen und Verformungen nicht zu vernachlässigende Einwirkungen auf die Stabilität der Energiepfähle und deren Leistung haben. Das von der EPFL entwickelte numerische Werkzeug modelliert erfolgreich die mechanischen und thermischen Spannungen und Verformungen in den Energiepfählen. Die Veröffentlichung der EPFL Mitarbeiterin, Alice di Donna, zu diesem Thema wurde 2011 mit einem Preis des Educational Trust des US-amerikanischen Deep Foundations Institute ausgezeichnet.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Direkte Nutzung der Geothermie – Tiefenbohrung Schlattingen [8]

Der Thurgauer Familienbetrieb Grob Gemüse- und Landbau in Schlattingen TG benötigt für den Gemüseanbau ganzjährig Energie. Im Jahr 2010 betrug der Energiebedarf ca. 15 Mio. kWh und wurde zu ca. ¾ mit Gas und zu ca. ¼ mit Heizöl gedeckt. Der damit verbundene jährliche CO2-Ausstoss liegt bei rund 4000 t. Die Unternehmung beabsichtigt, einen grossen Anteil des Wärmebedarfs mit geothermischer Energie zu decken um folgende Ziele zu erreichen:

- Verbesserung des ökologischen Umfeldes durch den Einsatz einer erneuerbaren Energiequelle für einen noch naturnäheren Gemüseanbau
- Erreichen einer Versorgungs- und Preissicherheit sowie einer Unabhängigkeit von fossilen Energierohstoffen.

Auf Grund verschiedenen Vorabklärungen und einer Machbarkeitsstudie wurde davon ausgegangen, dass im Raum Schlattingen zwei Schichten heisses Grundwasser führen können. Im Muschelkalk, in einer Tiefe von ca. 1200 m sind Temperaturen von 55 - 60°C zu erwarten, im Permokarbon / Kristallin, in einer Tiefe von ca. 1300 - 1500 m betragen die erwarteten Temperaturen ca. 65°C.

Am 25. September 2011 wurde in der Geothermiebohrung Schlattingen die Endteufe von 1'508 m erreicht. In den für eine geothermische Nutzung möglichen geologischen Zielhori-zonten wurden anschliessend hydraulische Pa-

Figur 3: Der Bohrplatz der Tiefenbohrung Schlattingen (Quelle: Grob Gemüse- und Landbau)

ckertests und Temperaturmessungen durchgeführt. Die Messungen bestätigten die prognostizierte Temperatur von 65°C. Die hydraulischen Messungen zeigten jedoch, dass in keinem der wasserführenden Horizonte ausreichende Wasserzuflüsse vorhanden sind, um das Mindest-Kriterium der Fündigkeit - eine Fliessrate von 7.9 l/s - zu erreichen. Jedoch liessen die Bohrkerne und Bohrlochmessungen vermuten, dass sich die Fördermengen in den porösen und geklüfteten Gesteinsserien des Oberen Muschelkalkes (Trigonodus-Dolomit und Hauptmuschelkalk) sowie des obersten Dolomits des Mittleren Muschelkalkes mittels geeigneter Säuerungsmassnahmen stark erhöhen lassen. In der Folge wurde deshalb diese Gesteinsformation in drei Säuerungsschritten behandelt.

Die nach der Säuerung durchgeführten Pumpversuche zeigten, dass sich die angestrebte minimale Ergiebigkeit von 7,9 l/s bei einer machbaren Absenkungshöhe erreichen lässt. Ob weitere Säuerungsmassnahmen zu einer weiteren Steigerung der förderbaren Wassermenge führen und es erlauben, den Vollerfolg von 12.9 l/s zu erreichen, ist noch offen.

Das Bohrloch unterhalb des nun genutzten Horizonts, d.h. unterhalb der Basis des obersten Dolomits des Mittleren Muschelkalkes wird demzufolge nicht mehr benötigt. Es wurde deshalb ab dieser Tiefe von knapp 1 200 m bis zur Bohrlochsohle (1 508 m) rückzementiert. An-schliessend wurde die verbliebene offene Bohrlochstrecke ein gelochtes 5"-Stahlrohr (soge-nannter 5"-Liner) mit Packer eingebaut. Im oberen Teil des Bohrloches auf eine Tiefe von ca. 300 – 400 m innerhalb der 7"-Verrohrung wird eine Pumpe eingebaut, um das heisse Was-ser an die Oberfläche zu fördern.

Die Bohrung Schlattingen ermöglichte es, hydraulische und felsmechanische Parameter aus zwei potentiellen Aquiferen, die sich im tieferen Untergrund der Schweiz für eine geothermische Nutzung eignen, zu erheben. Diese Daten ergänzen substantiell den bestehenden Datensatz des tieferen Untergrundes im Kanton Thurgau, aber auch den regionalen Datensatz der Ostschweiz. Aus diesem Grund beteiligte sich das Bundesamt für Energie an den Kosten dieser Untersuchungen.

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 Maschinenbau und Erdwissenschaften), Uni 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),), Scuola universitaria della Svizzera italiana SUPSI (Istituto di Sostenibilità Applicata all'Ambiente Costruito).

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.

2 - Bundesämter, Agenturen und Fachverbände:

Swisstopo, Bundesamt für Umwelt, Schweizerischer Erdbebendienst SED, Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE, APES), Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz (AVES), BA-FU, Geothermie.ch, SBF, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) u.a.

3 - Energiefachstellen verschiedener Kantone

4 - Runder Tisch

Am 20. September 2011 wurde gemeinsam mit Geothermie.ch ein ?Round table? zum Stand von Tiefengeothermie-Projekten in der Schweiz und benachbarten Regionen durchgeführt mit dem Ziel der verbesserten gegenseitigen Information der verschiedenen Akteure. Insbesondere ergab sich ein Informationsaustausch und Diskussion bezüglich der Risikogarantie des Bundes für Geothermie-Projekte, des Bedarf der Kantone für eine Vollzugshilfe für Tiefengeothermie-Projekte sowie allgemein über Probleme, Risiken und Potentiale.

5- Wissens- und Technologietransfer:

Auch im Bereich Wissens- und Technologietransfer wurden verschiedene Vorhaben unterstützt, so z.B. ein Kurs an der Universität Neuenburg [9] (Certificate of Advanced Studies : Exploration & Development of Deep Geothermal Systems) [4], und die Journée Romande de Géothermie in Yverdon.

Internationale Zusammenarbeit

International Energy Agency (IEA)[6]:

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 am 31 März 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. Derzeit umfasst das GIA 20 Mitglieder; 14 Länder, die EU sowie 5 Sponsoren

Um der Geothermie ? einer im Angesicht des enormen Potenzials notorisch unterschätzte erneuerbare Ressource ? eine bessere Positionierung zu ermöglichen, hat das IEA Sekretariat 2011 eine ?Geothermal Technology Roadmap? erarbeitet, welche die erwartete Entwicklung der geothermischen Energiequellen weltweit aufzeigt. Die Schweiz hat sowohl personelle als auch finanzielle Ressourcen dafür zur Verfügung gestellt. Die IEA Roadmap wurde im Sommer 2011 publiziert [10].

International Partnership for Geothermal Technology IPGT [2]:

Diese Partnerschaft wurde von den Gründerstaaten Australien, Island und der USA im August 2008 gegründet, im Oktober 2010 trat dass 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 Bohrtech¬nologien, (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.

EGS Pilotanlage in Soultz-sous- Forêts, France [11]:

Das Soultz EGS Projekt 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 wissen-schaftliches Begleitprogramm. Die Schweiz finanziert über das Bundesamt für Energie eine Forschergruppe um das DHMA. Separat haben universitäre Forschungs¬einrichtungen Kooperationsverträge mit dem EGS Projekt abgeschlossen. Seit Dezember 2009 und teilweise im 2010 wurden Zirkulationstests durchgeführt. Im März 2010 erfolgte der offzielle ?Kick-off? dieser Phase; das wissenschaftliche Begleitprogramm umfasst das Studium des Reservoirs während einer längerfristigen Zirkulation sowie die Untersuchung des Betriebsverhaltens der Untergrund- und Produktionsanlagen. Wegen Problemen mit den Förderpumpen musste der Betrieb des Kraftwerks verschiedentlich unterbrochen werden. Die schweizerischen Beiträge haben sich 2011 hauptsächlich auf die Arbeiten des Geothermielabors der Universität Neuenburg konzentriert, und dort insbesondere auf die numerische Simulation des Fliessverhaltens im Reservoir.

US Department of Energy ? Geothermal Technologies Program [12]

Um die internationale Zusammenarbeit mit dem in der Geothermieforschung sehr aktiven Programm des US-amerikanischen Department of Energy zu fördern, hat das BFE einer Einladung des DoE Folge geleistet und hat an einem Peer Review des US-amerikanischen Geothermie-Forschungsprogramms mitzuwirken.

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] Website des Pilotprojekts Lavey-les-Bains: http://www.agepp.ch

[4] Website des Pilotprojekts St Gallen: www.geothermie.stadt.sg.ch/

[5] Website des Projekts Geotherm an der ETHZ: www.cces.ethz.ch/projects/nature/geotherm

[6] International Energy Agency, Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Geothermal Energy Research and Technology: www.iea-gia.org

[7] International Partnership for Geothermal Technology http://internationalgeothermal.org

[8] Website der Firma Grob, Schlattingen: www.grob-gemuese.ch

[9] Website der Univerität Neuchâtel: http://www2.unine.ch/chyn/unine

[10] IEA Geothermal Roadmap: www.iea.org/papers/2011/Geothermal_Roadmap.pdf

[11] Website des EGS-Pilotprojekts Soultz-sous-Fôrets: www.soultz.net

[12] www1.eere.energy.gov/geothermal/pdfs/gtp_peer_review_plenary_deck_20110606.pdf

Weitere Referenzen von allgemeinem Interesse (ohne Verweis):

[a] GEOTHERMIE.CH: www.geothermie.ch

[b]Deep Geothermal Energy Session, 9th Swiss Geoscience Meeting: Zürich 12 Nov. 2011:

Gunter Siddiqi, Swiss Federal Office of Energy

Bringing Switzerland?s geothermal resources to market ? technological, economic and institutional challenges

Keith Evans, ETH Zürich

Enhanced Geothermal Systems (EGS) ? experience to date and lessons learned

Nicholas Deichmann and Stefan Wiemer, ETH Zürich

EGS and induced seismicity ? the good and the bad

Thomas Driesner and Patrick Jenny

Process simulation ? understanding and judging geothermal reservoir processes

[c] International Geothermal Association: http://www.geothermal-energy.org/

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

CONSTRUCTIVE RECOMMENDATIONS FOR OPTIMIZED AND RELIABLE HEAT EXCHANGER PILE SYSTEMS

0 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 use the energy naturally present in the ground to heat or cool buildings. For years, the dimensioning of heat exchanger pile installations has relied on heat transfer calculations only. There is currently no method for the geotechnical design taking into account the effects of temperature cycles applied to the pile/soil system. Geotechnical engineers therefore systematically over-estimate the design of heat exchange piles with respect to classical

EGS PILOT PLANT: EUROPEAN GEOTHERMAL PROJECT FOR THE CONSTRUCTION OF A SCIENTIFIC PILOT PLANT BASED ON AN ENHANCED GEOTH

0 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. It is known that the exploitation of the Soultz power plant will be two-fold: on the one hand a commercial electricity

ERFOLGSKONTROLLE HEIZEN UND KÜHLEN IM GEWERBEBAU

0 3.5

Lead:	Eberhard & Partner AG	Funding:	BFE
Contact:	Eberhard Mark eberhard@eberhard-partner.ch	Period:	2008-2011

Abstract: Ziel des Projektes ist die praktische Überprüfung der auf Simulationen basierenden Erhebungen und Empfehlungen der über den Fussboden wirkenden Heizung und passiven Kühlung mit Erdsonden. Mit der Integration einer Messvorrichtung in die bereits bereitgestellte Geräteschaft wird es möglich, das System hinsichtlich Energieverbrauch, Energieeffizienz, thermischer Behaglichkeit, Temperaturdifferenzen, Taupunkt zu überprüfen und zu optimieren. Mit den zusätzlich in verschiedenen Tiefen einer der Erdsonden

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

0 3.5

Lead:	Universität Basel	Funding:	BFE
Contact:	Huggenberger Peter peter.huggenberger@unibas.ch	Period:	2009-2011

Abstract: Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines geologischen 3D-Modells der Region Basel als neuartiges Werkzeug für die Tiefenreservoirbewirtschaftung und Raumplanung. In der Vorbereitung von Geothermie-Projekten kann das Reservoirmodell als Planungsinstrument eingesetzt werden, insbesondere im Hinblick auf die Evaluierung geothermischer Verfahren (EGS, Doublette u.a.), sein. Es sollen

GEOTHERM - GEOTH. RESERVOIR PROCESSES: RESEARCH TOWARDS THE CREATION AND SUSTAINABLE USE OF ENHANCED GEOTHERMAL SYSTEMS

0 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 from ETH Zürich, EPF Lausanne, the Paul Scherrer Institute and the University of Bonn, collaborate in a comprehensive program of basic research on key aspects of Enhanced Geothermal Systems (EGSs), with a focus on the system to be developed in Basel in December 2006. The work will contribute to understanding and developing an alternative and sustainable energy resource free of CO2-emission. Novel observation techniques and new process-simulation tools will be developed, partly building on

GEOTHERMISCHE RESSOURCENANALYSE IM BEREICH KGZ DAVOS

0 3.5

Lead:	Landschaft Davos Gemeinde	Funding:	BFE
Contact:	Calonder Gian-Paul gian-paul.calonder@davos.gr.ch	Period:	2009-2012

Abstract: Für die Wärmeversorgung der Erweiterung des Kongresszentrums Davos soll das geothermische Potential abgeklärt und bei positiven Er-gebnissen genutzt werden, mit dem Ziel, den CO2-Austoss der erwähnten Objekte massiv zu reduzieren. Weil die Nutzung der Erdwärme über ein Erdsondenfeld nicht realisiert werden kann, muss sich die Nutzung auf tiefere Schichten konzentrieren. Die geothermische Ressourcenanalyse umfasst seismische Untersuchungen zur Identifikation der tektonischen und strukturellen Verhältnisse

MANUEL "GEOCOOLING"

0 3.5

Lead:	SUPSI, Isaac	Funding:	BFE
Contact:	Pahud Daniel daniel.pahud@supsi.ch	Period:	2005-2011

Abstract: Le projet de recherche "rafraichissement par geocooling : bases pour un manuel de dimensionnement" a mis en évidence le manque des connaissances actuelles relatives à l'intégration de ce genre de système dans un bâtiment et de son interaction avec ce dernier, et par voie de conséquence sur le potentiel d'utilisation de ce type de système. L'objectif principal du présent projet est de combler ces lacunes et de rédiger un manuel sur la thématique. Il s'agit d'analyser les critères d'intégration dans un bâtiment d'un système de geocooling, d'évaluer

MODELLING STIMULATION OF GEOTHERMAL WELLS

0 3.5

Lead:	CREGE Centre de recherche en géothermie, Neuchâtel	Funding:	BFE
Contact:	Vuataz François-D. francois.vuataz@unine.ch	Period:	2008-2011

Abstract: The main objective of the work is to use coupled thermal-hydraulic-chemical numerical models patterned after the geothermal system at Berlin (El Salvador), to explore chemical and hydrological implications of reinjecting the used fluid into the reservoir as well as mineral scaling and the rate at which it occurs and its dissolution by acid mixtures injection. The project combines the expertise of LaGeo S.A. in operating geothermal systems and of CREGE group in fluid flow and geochemical modelling to suggest suitable strategies of injection

NACHMESSUNGEN UND AUFWÄLTIGUNG GEOTHERMIEBOHRUNG BASEL 1 (PROJEKT DEEP HEAT MINING)

0 3.5

Lead:	Geopower Basel AG	Funding:	BFE
Contact:	Ladner Florentin florentin.ladner@geothermal.ch	Period:	2008-2011

Abstract: Im Rahmen des DHM-Projektes wurde 2006 die Bohrung Basel 1 auf 5'000m Tiefe abgeteuft. Im Anschluss daran wurde der offene Bohrlochbereich hydraulisch stimuliert, was zu mehreren an der Oberfläche spürbaren Erschütterungen führte. Der Stimulationsprozess wurde daraufhin abgebrochen und das Projekt wurde suspendiert und auf Grund einer Riskioanalyse Ende 2009 definitiv abgebrochen. Von Dezember 2008 bis Juni 2009 wurden verschiedene Nachmessungen in der Bohrung durchgeführt, um den Effekt der hydraulischen

OPTIMIERUNG VON ERDWÄRMESONDEN

0 3.5

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

Abstract: Der Stromverbrauch einer Erdwärmesonden-Wärmepumpen-Anlage wird wesentlich von der Jahresarbeitszahl (JAZ) bestimmt. 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 erarbeitet und im Internet verfügbar gemacht (www.erdsondenoptimierung.ch). Im Verlauf des Projekts werden weitere Informationen speziell für professionelle Anwender auf der

PILOTANLAGE ZUR ENTWICKLUNG VON TIEFENBOHR-VERFAHREN MITTELS HYDROTHERMALER FLAMME

0 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: Die Kosten von Bohrungen haben einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der tiefen Geothermie. Die Entwicklung von kostengünstigen Alternativen zu den konventionellen mechanischen Bohrverfahren ist deshalb von grossem Interesse. Bohr-Verfahren mit hydro-thermaler Flamme, englisch als thermal spallation drilling bezeichnet, ist eine der aussichtsreichsten Möglichkeiten, in Zukunft kostengünstige Tiefbohrungen zu erstellen.

TIEFE GEOTHERMIE WINTERTHUR

0 3.5

Lead:	Stadtwerk Winterthur	Funding:	BFE
Contact:	Schüpbach Beat Beat.Schuepbach@win.ch	Period:	2009-2010

Abstract: Mit der Machbarkeitsstudie "Tiefe Geothermie Winterthur" soll abgeklärt werden ob die Nutzung von tiefer Geothermie zur Gewinnung von Strom und Wärme in Winterthur erfolgsversprechend ist und was erforderlich ist, um die Erfolgschancen für die Erschliessung von tief liegenden geothermischen Ressourcen zu maximieren und wo aus Sicht der geologischen Verhältnisse, der Energieabnehmer sowie der Machbarkeit von Tiefenbohrungen geeignete Standorte wären. Weiter soll abgeklärt werden,

UTILISATION DE GÉOTHERMIE PROFONDE POUR LE CHAUFFAGE DE GRANDS BÂTIMENTSAVEC DES POMPES À CHALEUR À TRÈS HAUTE PERFORMANCE

0 3.5

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

Abstract: Le but visé consiste à définir et caractériser 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. Les ressources profondes devraient permettre de diminuer fortement

ERSTELLUNG EINER GEOTECHNISCHEN VORGEHENSWEISE / WEGLEITUNG FÜR EWS-BOHRUNGEN IN GEBIETEN MIT POTENZIELL GIPS- UND ANHYDRITHALTIGEN GESTEINEN

0 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 einer Vielzahl von Gebäuden in der Altstadt. Die Ereignisse führten zu einer erheblichen Verunsicherung sowie einer signifikanten Kritik an der untiefen Geothermie im In- und Ausland. Für die Hebungen wurden aufquellende anhydrithaltige Gesteinsschichten des Gipskeupers verantwortlich gemacht. In verschiedenen Regionen der Schweiz liegen vergleichbare lithologische und geologische Verhältnisse vor.

SPALLATION BOHREN: WECHSELWIRKUNG GESTEIN-FLAMME

0 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 unterschiedliches 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. In teilweise bestehenden Anlagesystemen werden dabei folgende

GEOTHERMIE-BOHRUNG SCHLATTINGEN

0 3.5

Lead:	Grob Gemüse- und Landbau	Funding:	BFE
Contact:	Hansjörg Grob info@grob-gemuese.ch	Period:	2011

Abstract: Die Bohrung Schlattigen konnte durch das Rotliegende bis ins Kristallin abgeteuft werden, dadurch ergibt sich die Mõglichkeit hydraulische und felsmechanische Parameter aus zwei potentiellen Aquiferen, die sich im tieferen Untergrund der Schweiz für eine geothermische Nutzung eignen, zu erheben. Diese Daten ergãnzen in idealerweise den bestehenden