

Erschütterungen mit Breitenwirkung

Mit der Stimulation des kristallinen Grundgebirges sind beim Geothermieprojekt in Basel Erschütterungen aufgetreten. Diese werden sowohl die weitere Nutzung der tiefen Erdwärme als auch die Diskussionen um die künftige Stromproduktion beeinflussen.

Bis zum Dezember 2006 verliefen die Arbeiten am Basler Geothermie-Projekt nach Plan. Erfolgreich konnten die Versuchsbohrung Otterbach abgeschlossen, die nötigen Horchbohrungen im Raum Basel platziert und die erste Tiefbohrung realisiert werden. Die geologische Schichtung war bis in eine Tiefe von 2700 Meter bekannt und bestätigte sich auf dem weiteren Weg bis 5000 Meter. Dann begann das Projektteam mit der Bildung des künstlichen Wärmetauschers, mit dem hydraulischen Aufdrücken von bestehenden Mikrorissen im kristallinen Untergrund. Mit einem Knall und Magnitude 3.4 wurde die Basler Bevölkerung am 8. Dezember daran erinnert, dass die Projektverantwortlichen bei aller Begeisterung für die Chancen auch stets von Risiken gesprochen haben. Diese induzierte Seismizität durch die Stimulation schloss aber auch ein Gedenkjahr an das grosse Erdbeben von Basel ab, das mit Publikationen, Vorträgen und Veranstaltungen auf das 650 Jahre zurück liegende Ereignis von 1356 Bezug nahm.

Projektabbruch und Freispruch beenden das Vorhaben

Nach den Beben im Dezember 2006 folgte ein Projektstopp, Abklärungen und dann die Freigabe des bereits für die zweite Bohrung platzierten Bohrturms. Daraufhin wurde eine umfassende Risikoanalyse auf der Basis der inzwischen gesammelten Daten genehmigt. Die Resultate dieser Analyse konnten im vergangenen Dezember bekannt gegeben werden. Sie haben die Basler Regierung dazu veranlasst, das Projekt definitiv einzustellen. Im gleichen Monat fand auch der Strafprozess gegen Markus O. Häring statt. Mit dem Freispruch wurde dieser Teil der Vergangenheitsbewältigung zufriedenstellend abgeschlossen.

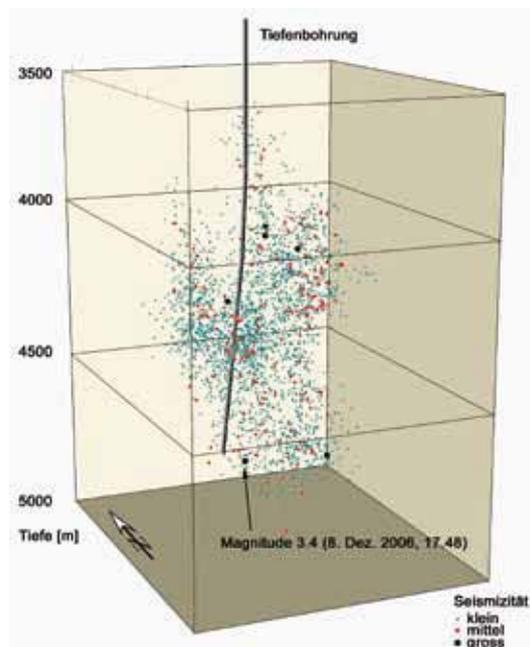
Im Mittelpunkt der zahlreichen Herausforderungen stand – rückblickend betrachtet – die Stimulation, also die Bildung eines künstlichen Wärmetauschers im Untergrund. Dieser Projektschnitt stellte die grösste Herausforderung dar. Kann das kristalline Grundgebirge nicht genügend durchlässig gemacht werden, so ist die Wärmetauscherfunktion beeinträchtigt und die Systembedingungen sind nicht erfüllt. Erst eine erfolgreiche Erzeugung dieses Wärmetauschers bestimmt das Abteufen der zweiten und einer dritten Bohrung, so dass der künstliche Wasser-

durchfluss ermöglicht werden kann. Schon im Vorfeld haben sich die verschiedenen involvierten Experten intensiv damit auseinandergesetzt, konnten sich aber nicht einstimmig darauf festlegen, wie dieser Aufpressvorgang ausgeführt werden soll.

Forschungsprojekt im Elsass

An verschiedenen Orten auf der Welt wurden bereits Vorhaben mit Tiefenbohrungen und Stimulationen durchgeführt. Das entsprechend anzuwendende Konzept stand somit von Anfang an zur Diskussion. Neben der Literatur waren vor allem die Erfahrungen des EU-Forschungsprojekts im nordelsässischen Soultz-sous-Forêts von Bedeutung. Aufgrund der geologischen Ähnlichkeiten und der Nähe wurde dieses Projekt für Basel als Referenz betrachtet.

Als das Basler Projekt konkretisiert werden konnte, nahm man sich den Detailfragen der Stimulation konsequent an. Im 2005 wurde beispielsweise darauf hingewiesen, dass eine Initial-Stimulation nötig wäre, welche dann im November 2006 auch durchgeführt wurde. Gleichzeitig hielt man fest, dass durch die Stimulation eine irreversible Situation geschaffen werde und dass daher für die Festlegung der Stimulationsparameter eine gründliche Untersuchung der Spannungsverhältnisse durch die Initial-Stimula-



> Jürg Wellstein
Redaktion GEOTHERMIE.CH
T 061 603 24 87
wellstein.basel@bluewin.ch

Info:
> Geothermal Explores Ltd.,
www.geothermal.ch
> Geopower Basel AG,
www.geopower-basel.ch
> Risikoanalyse,
www.wsu.bs.ch/geothermie

>> Die ermittelte «Ereigniswolke» zeigt einerseits die Ausdehnung der Klüftung durch die Stimulation, andererseits auch die Orte der verstärkten Seismizität im Untergrund.

>> *Le nuage de données montre d'une part la dilatation des interstices produite par la stimulation, d'autre part les zones d'intensité sismiques intensives dans le sous-sol.*

>> Grafik: Geothermal Explorers Ltd.

Geschichte des Basler Projekts

1996

Das Bundesamt für Energie organisiert mit einer Kerngruppe ein Brainstorming, bei welchem eine Konzeptstudie zum Deep Heat Mining vorgeschlagen wird.

1997

Projektidee von Markus O. Häring wird veröffentlicht. Der Standort Basel wurde aufgrund der günstigen geologischen Struktur, der Wärmeabnahme durch das ausgebauten Fernwärmenetz der Stadt und der finanziell und ideell geeigneten Ausgangslage der Stadt gewählt.

1998

Mit Fördermittel des Bundes, des Kantons Basel-Stadt und der IWB plant die Geothermal Explores Ltd eine erste Sondierbohrung Otterbach.

1999

Start der Bohrung, mit welcher die Schichtfolge bis zum kristallinen Grundgebirge untersucht werden soll. Wegen geologischen und technischen Problemen scheitert diese Bohrung in einer Tiefe von ca. 1500 Metern.

2000

Das Projekt DHM wird über die Fachkreise hinaus bekannt.

2001

Die zweite Sondierbohrung bis über 2700 Meter bestätigt die technischen und geologischen Voraussetzungen: der Temperaturgradient verspricht die gewünschte Temperatur von 200 °C in 5000 Meter Tiefe.

2003

Die Finanzen für den Bau eines DHM-Kraftwerks kommen zusammen.

2004

Gründung der Geopower Basel AG. Das Basler Parlament genehmigt die Projektinvestition und sichert damit den Start des Vorhabens. Das Baugesuch für die erste Tiefenbohrung wird eingereicht.

2005

Baubewilligung wird mit Auflagen zur Lärmdämmung im Umkreis der Bohrung erteilt. Gleichzeitig sind die wissenschaftlichen Vorarbeiten für die Bohrung, die Reservoirbildung (Stimulation) und die Kraftwerksanlagentechnik im Gange. Im Raum Basel und in Haltingen (D) beginnen die Arbeiten für die Erstellung der Horchbohrungen.

2006

Beginn der ersten Tiefbohrung. Massnahmen zur Überwachung und Kontrolle induzierter Seismizität werden realisiert. Nach Erreichen der Bohrtiefe von 5009 Meter erfolgen die Ausmessung der Bohrung, eine Vorstimulation sowie die Hauptstimulation, die am 8. Dezember abgebrochen wird.

tion notwendig ist. Im Hinblick auf eine mögliche Seismizität wurde erwähnt, dass diese nicht gleichzeitig mit dem Aufpressvorgang auftreten muss. Die Erschütterungen im Verlauf des Januar und Februar 2007 – also Wochen nach Abbruch der Injektion – haben diesen Gedanken zum Teil bestätigt. Mit der ersten starken Erschütterung am 8. Dezember 2006 war jedoch klar, dass die Stimulation dafür verantwortlich ist. Die Korrelation von Stimulation und Beben war offensichtlich.

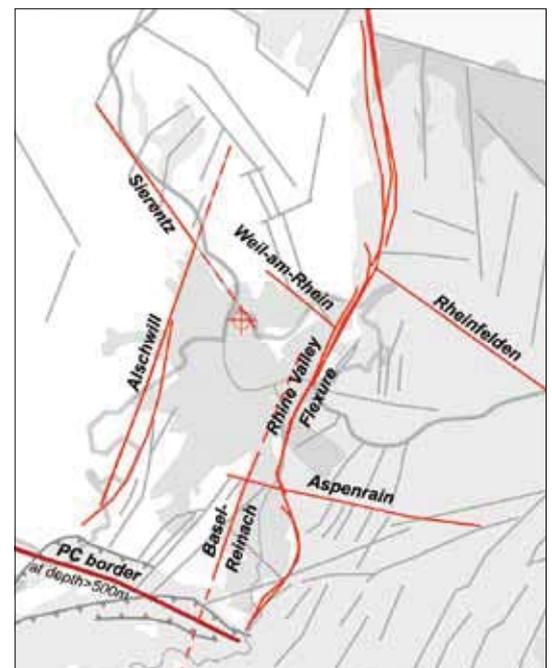
Meinungsunterschiede

Unterschiedliche Meinungen entstanden beispielsweise bei der Frage nach der Grösse des zunächst zu stimulierenden Felsvolumens bzw. der Ausdehnung. In einem ersten Schritt sollte eine Länge von 500 Meter reichen. Damit könne sowohl die Machbarkeit als auch die angewandte Technologie bestätigt werden. Die Stimulation eines grösseren Volumens berge ein grösseres Risiko. Gleichzeitig würde mit einem kleineren Volumen die Gefahr, auf eine Verwerfung zu treffen, was zu erhöhter Seismizität führt, geringer sein. An diesem Punkt wurden jedoch nicht nur geologische Divergenzen erkennbar, sondern auch ökonomische, denn das Basler Projekt war als Produktionsanlage verstanden worden und sollte bereits beim ersten Schritt die Dimensionen für eine erfolgreiche Stromproduktion erreichen. Daher wurde erwogen, das Felsvolumen auf eine Ausdehnung von 1000 Meter zu stimulieren. Die entscheidende Frage war: Nach welchem Verfahren soll die Stimulation erfolgen.

>> Die acht wichtigsten, natürlichen Verwerfungen im Umfeld des Bohrungsstandorts in Basel.

>> *Les huit failles naturelles majeures autour de l'emplacement du forage à Bâle.*

>> Grafik: Risikoanalyse SERIANEX



Die eine Meinung war, so kräftig wie möglich zu pumpen und den Druck aufzubauen, um möglichst rasch und möglichst weit die Klüfte öffnen zu können und die nötigen Mikroverschiebungen zu erreichen. Im Gegensatz dazu stand aber auch die Meinung im Raum, die Fließrate möglichst langsam zu erhöhen, um ein axiales Brechen entlang der Bohrung zu vermeiden. Auch das Thema von unterschiedlichen Zyklen wurde behandelt, ob Druck und Wasserfluss variiert werden soll oder konstant bleiben könnte. Im Weiteren stellte sich auch die Frage, ob ein Vorteil besteht, wenn man Druck- oder Strömungskontrollierte Stimulationen durchführte und dabei die jeweiligen Effekte beobachten könnte. Solche Fragen behandelten die Experten noch im Frühjahr 2006, als der Aufbau des Bohrturms in Basel begann. Während man sich gerade auf den Weg ins Neuland machte, waren die wissenschaftlichen Meinungsunterschiede nicht mehr sehr hilfreich. Das Projektteam musste sich nun entscheiden.

Zeiger schlagen aus

Die Hauptstimulation wurde dann ab dem 2. Dezember 2006 mit folgenden Werten durchgeführt: Beim Verpressen von Wasser über die gesamte offene Bohrlochstrecke von 4630 – 5009 Meter Tiefe wurde während der ersten 12 Stunden eine Injektionsrate von 420 l/min eingestellt, daraufhin 24 Stunden lang 1'800 l/min usw., bis zu einem Maximum von 3'750 l/min und einem Druck von 296 bar. Aufmerksam beobachtete das Projektteam einerseits die benötigten mikroseismischen Signale für die Ortung der Injektionswirkung, andererseits die gleichzeitig steigende Seismizität. Beim erstmaligen Erreichen der Magnitude 2.8 reduzierte man den Druck und die Fließrate. Mit dem danach folgenden Beben der Magnitude 3.4 fand das Vorhaben ein Ende. Druck und Wasserzufluss wurden gestoppt und heruntergefahren.

Herausforderungen an die Wissenschaft

Der wissenschaftliche Teil der Arbeit ist hier jedoch nicht zu Ende, sondern muss erst richtig beginnen. Wir erkennen die Herausforderung an eine interdisziplinäre Forschung und Entwicklung, welche verlässlichere Modelle schaffen muss, um die Spannungssituation in 5000 Meter Tiefe zu analysieren, die bestehenden Klüftungen zu erkennen, geeignete mechanische Technologien zu eruiieren. Auf diesen Grundlagen sollen die Entscheide getroffen werden, ob und wie an einem gewählten Standort ein künstlicher Wärmetauscher gebildet werden kann.

Risikoanalyse führt zum Projektende

Nach weiteren Beben galt es im 2007 zunächst, für das Basler Projekt eine Risikoanalyse zu erstellen. Kann eine Fortsetzung erwogen werden, welche zu keinen weiteren spürbaren Beben



>> Markus O. Häring mit dem ersten Bohrkopf im 2006. Drei Jahre später musste er sich alleine vor dem Basler Strafgericht verantworten. Die SVG / GEOTHERMIE.CH nahm den Freispruch mit Erleichterung auf.

>> Markus O. Häring avec la première tête de forage en 2006. Trois ans plus tard il porte seul la responsabilité devant le tribunal bâlois. C'est avec soulagement que la SSG / GEOTHERMIE.CH apprend son acquittement.

>> Foto: GEOTHERMIE.CH

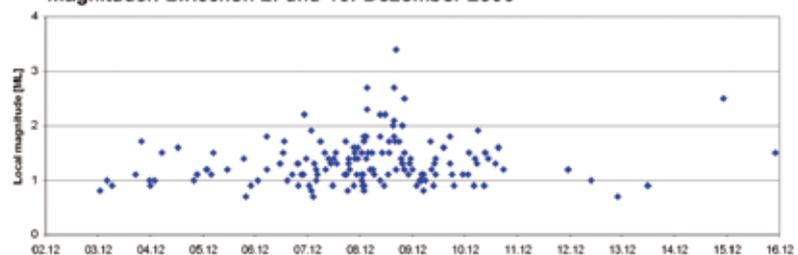
führt? Die SERIANEX-Gruppe (Trinational Seismic Risk Analysis Expert Group) umfasste Experten von Q-con GmbH, BEG Bureau d'Etudes Géologiques SA, Jung-Geotherm, Geoter S.A.S, Résonance SA und RiskCom. Die Analyse ging zunächst von der Annahme aus, dass in der weiteren Umgebung des geothermischen Reservoirs acht relevante, natürliche Störungszonen identifiziert werden können, deren Grösse sogar ausreichend ist, um grosse Erdbeben zu verursachen. Die Tiefenerstreckung dieser Verwerfungen ist zum Teil schlecht belegt. Daher wurde für jede Verwerfung eine maximale Distanz aus vorhandenen Erdbebenmessungen abgeschätzt. Für die Prozesse des Ausbaus und des Betriebs der Anlage wurde ein numerisches Modell entwickelt und mit Simulationen und empirischen Vergleichen untersucht, wie sich die seismische Aktivität künftig entwickeln könnte. Basis dieser Berechnungen war die umfangreiche Sammlung von Daten des Projekts. Die Studie hält fest, dass der Ausbau und der Betrieb der Geothermieanlage den Zyklus von grossen, natürlich auftretenden Erdbeben kaum beeinflusst hätten. Die Expertengruppe kam zum Schluss, dass an

>> Fließrate und Druck der Stimulation sowie die seismischen Ereignissen mit der höchsten Magnitude 3.4 am 8. Dezember 2006. Durch den Anstieg der Erschütterungen wurde bereits vorher die Stimulation abgebrochen.

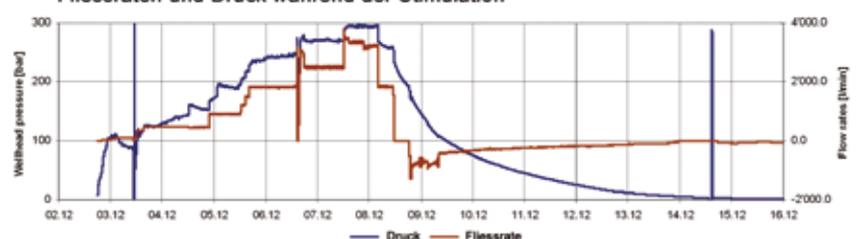
>> *Le débit et la pression de la stimulation ainsi que les événements sismiques avec la plus haute magnitude de 3.4 le 8 décembre 2006. La stimulation avait déjà été arrêtée avant vu l'augmentation des secousses.*

>> Grafik: Geopower AG

Magnituden zwischen 2. und 16. Dezember 2006



Fließraten und Druck während der Stimulation



Résumé

Avec la stimulation du socle cristallin pour le projet géothermique de Bâle, des événements sismiques se sont produits. Sur la base des résultats d'une récente étude d'évaluation du risque sismique, le projet a été arrêté. Simultanément, il a été confirmé que maintenant des travaux intensifs de recherche et de développement doivent impérativement être réalisés, afin de créer de nouvelles méthodes et procédures techniques pour la géothermie profonde. Les tremblements de terre à Bâle influenceront l'utilisation de la géothermie des systèmes stimulés ainsi que la discussion sur une future production d'électricité par la géothermie. C'est pourquoi la SSG réclame un renforcement et une extension de la recherche et du développement des bases scientifiques et technologiques pour l'utilisation de la géothermie profonde. Simultanément, la recherche d'autres sites doit être engagée. La SSG souhaite maintenant que sur la base de toutes les données et des connaissances acquises une discussion intensive sur les chances et les risques de la géothermie profonde, afin que son potentiel puisse être réellement évalué.

diesem Standort mit hoher Wahrscheinlichkeit weitere Beben auftreten würden, die in ihrer Stärke die bisherigen überstiegen.

SERIANEX hat zwar angesichts des erheblichen Schadensrisikos auch alternative Konzepte zum Ausbau des Reservoirs angedacht. Konkretere Arbeiten dazu waren nicht Aufgabe der trinationalen Expertengruppe, hätten jedoch die Chancen des Projekts möglicherweise noch in gewissen Grenzen intakt gehalten. Die Studie weist darauf hin, dass andere Standorte in der Schweiz ein geringeres seismisches Risiko aufweisen.

Nachbeben bei der Stromproduktion

Die Geothermie war bis 2006 ein Hoffnungsträger der Stromproduktion. Von 20 GWh pro Jahr im 2010 wurde im Rahmen der Energieperspektiven bis 2035 eine Erhöhung auf 3300 GWh prognostiziert. Dies auf der Grundlage eines erfolgreichen Starts der EGS-Technologie in Basel und weiteren Anlagen an anderen Orten der Schweiz. Die Geothermie war damit im Mix der erneuerbaren Energien hinter der Wasserkraft

bereits auf Platz 2 und sollte 20 Prozent des erneuerbaren Stroms und 5 Prozent des Landesverbrauchs erzeugen.

Diese Hoffnung hielt auch bis Mitte 2007 an, als die langfristigen, ökologisch vertretbaren Potenziale von Strom aus erneuerbaren Energien bis 2030 bei der Stromproduktion die Geothermie sogar mit über 6000 GWh pro Jahr aufführte. Die Tiefengeothermie war zu einem wichtigen Faktor in der künftigen Stromproduktion geworden und damit ein Mittel zur Vermeidung allfälliger Stromlücken. Strom aus Erdwärme tauchte plötzlich in den Balkendiagrammen der Zukunftsszenarien auf und wurde dadurch wahrgenommen. Muss diese Sicht nun korrigiert werden? Das Basler Pilotprojekt hat mit aller Deutlichkeit gezeigt, dass grosse Anstrengungen notwendig sind, um dieses potenzielle Ziel zu erreichen. Die Schweizerische Vereinigung für Geothermie hat in ihren Stellungnahmen zur Risikoanalyse und zum Strafprozess Häring die jetzt notwendigen Schritte genannt.

Weitere Unterstützung durch den Bund

Das Prinzip der DHM- oder EGS-Technologie hat mit dem Ende des Basler Projekts nichts an seiner Faszination verloren. Die Bildung eines unterirdischen Wärmetauschers zur Wärmegewinnung und Stromproduktion besticht durch Simplität und Genialität. Dürfen wir jedoch Risiken eingehen, die wir heute nur schwer abschätzen können? Vordringliche Aufgabe der Fachwelt war aber stets, die Entwicklungen so vorwärts zu bringen, dass solche Risiken vermindert oder gar beherrscht werden konnten. Dass sich in Basel zunächst erschütterte Gesteinsschichten in den Weg gelegt haben, mag Herausforderung genug sein, damit weiter an den notwendigen Grundlagen gearbeitet wird. Die Bundesämter für Energie (BFE) und Umwelt (BAFU) haben ihre Zusage zur Unterstützung dieser Entwicklungsarbeiten bekräftigt. <

INSERAT

Der kompetente
Fachpartner
für die Energiequelle
der Zukunft

**umweltfreundliche
Erdwärmesonden**
für Heizung und Kühlung

FORALITH
Erdwärme AG

Bionstrasse 4
CH-9015 St.Gallen
Tel. +41 71 313 70 55
www.erdwaerme-ag.ch