

Geothermie-Forschung: Erschütternde Erkenntnisse

NZZ / von Helmut Stalder, Grimsel 10.9.2016, 12:00 Uhr

Im Felslabor Grimsel erzeugen ETH-Forscher künstlich kleine Erdbeben, um grosse zu vermeiden. Damit wollen sie der Geothermie zum Durchbruch verhelfen.



Messinstrumente zeigen den Druck im Innern der Bohrlöcher an und liefern ihre Daten an die Computer. Noch im Stollen können die Wissenschaftler die Grafiken ablesen. (Bilder: Dominic Steinmann / NZZ)

Hart und fest und ewig unverrückbar scheint der Granit, aber für die Forscher im Felslabor Grimsel ist er eine bewegliche Masse. Auf 1780 Metern über Meer am Grimselpass im Berner Oberland haben Geologen der ETH Zürich 450 Meter tief im Berg eine Versuchsanordnung eingerichtet, mit der sie den Fels erschüttern und gezielt zum Bersten bringen – Erdbeben im Kleinformat im Namen der Energiegewinnung.

Den Fels stimulieren

Vom Zugangsstollen zu den Anlagen der Kraftwerke Oberhasli AG führt eine unscheinbare, grüne Metalltür in den Bereich, in dem das «In-situ Stimulation an Circulation»-Experiment aufgebaut ist. Florian Amann, der wissenschaftliche Leiter des ISC-Experiments beim Schweizer Kompetenzzentrum für Energieforschung SCCER, ist in seinem Element. Eine kurze Treppe führt hinunter in eine Kaverne von etwa 10 auf 10 Metern, von der ein gut 50 Meter langer Stollen abzweigt. Der Raum im rohen Fels ist überfüllt mit Gerätschaften und Kisten, Bildschirmen, Rechnern, Kabelrollen, Kameras, Radargeräten, Messinstrumenten, Seilwinden, Röhren. Die Wände sind übersät mit Bohrlöchern, Kabelsträngen, Leitungen, Anzeigen, Hebeln, Schalttafeln, Sicherungskästen und kryptischen Beschriftungen. Hier rücken die Forscher dem Fels zu Leibe und fühlen ihm den Puls. «Wir müssen die Situation im Fels auf den Zentimeter genau kennen, bevor wir ihn stimulieren», sagt Amann. So lässt sich erforschen, welche Prozesse im Fels ablaufen, wenn man ihn unter Druck setzt, um der Erde ihre innere Wärme abzurufen.

Hitze aus dem Untergrund

Im Rahmen der Energiewende und des geplanten Ausstiegs aus der Atomenergie setzt der Bund grosse Erwartungen in die Geothermie. 5 bis 10 Prozent des Strombedarfs sollen künftig durch die Nutzung der Erdwärme gedeckt werden können. Dies entspricht etwa 4,4 Terawattstunden Strom pro Jahr. Bis 2050 müssten dazu 25 geothermische Kraftwerke mit je 20 Megawatt elektrischer Leistung ans Netz gehen; das ist knapp die anderthalbfache Leistung des AKW Beznau I.

Für die Nutzung der Erdwärme wird Wasser mit hohem Druck in den Untergrund gepumpt, wo es sich aufheizt und wieder hochgepumpt werden kann. Bei hydrothermalen Systemen werden in Tiefen von 4000 Metern Wasserkammern gesucht, aus denen 180 Grad warmes Wasser gezogen werden kann, das vor allem zu Heizzwecken dient. «Heisses Tiefenwasser ist jedoch relativ selten und schwer zu lokalisieren», erklärt Amann. Bei petrothermalen Systemen dringen die Bohrer bis ins kristalline Grundgebirge in Tiefen von 5000 Metern vor. Dann wird Wasser hinuntergeführt, mit hohem Druck durchs Gestein gepresst, wo es sich auf bis zu 200 Grad erhitzt, so dass es an der Oberfläche zur Stromerzeugung genutzt werden kann. «Dieses Verfahren ist in der Schweiz viel realistischer und breit anwendbar, denn unter den Sedimentgesteinen hat es fast überall kristallinen Untergrund», sagt Amann.



Ein PC im Stollen des Felslabors liefert die Messdaten der Sensoren auf den Bildschirm, dargestellt in Grafiken. IL-Repo: Die Erdbebenmacher. Die Geothermie ist ein wichtiger Bestandteil für eine erfolgreiche Energiewende. Sie soll uns mit Wärme aus dem Inneren der Erde versorgen. Soweit die Theorie, in der Praxis führen die Bohrungen immer wieder zu Erdbeben. Experimente der ETH im Felslabor Grimsel untersuchen die Erschütterungen.

Allerdings wurde die verheissungsvolle Geothermie in den vergangenen Jahren zurückgeworfen. 2006 verursachten Tiefenbohrungen in Basel ein Erdbeben der Stärke 3,5, was die Bevölkerung erschreckte und kleinere Schäden an Gebäuden verursachte. Und 2013 erschütterte bei einem Geothermieprojekt im Sittertal ein Beben der Stärke 3,5 die Umgebung von St. Gallen. Die Projekte wurden eingestellt. Und nun ruht die Hoffnung auf den Forschern. Vier Millionen Franken sind für das ISC-Experiment reserviert, ein Kernteam von fünf Wissenschaftlern arbeitet daran, unterstützt von sechs verschiedenen Instituten der ETH. Während anderthalb Jahren haben sie die Felsmasse erfasst und charakterisiert, 15 bis zu 50 Meter tiefe Bohrlöcher kreuz und quer hineingebohrt, Messsysteme installiert, Spannungen und die Wasserdurchlässigkeit gemessen. In- und auswendig kennen sie ihren Fels.

Durchbrüche schaffen

Vor allem zwei Fragen wollen die Forscher in der weltweit einzigartigen Versuchsanordnung im Grimselgranit klären. Wie kann man in der Tiefe einen effizienten Wärmetauscher erzeugen? Und: Wie kann gleichzeitig das Risiko von künstlich erzeugten Erdbeben in einem akzeptablen Rahmen gehalten werden? Erdbeben seien unvermeidlich bei der Tiefengeothermie, sagt Amann. **Beim Projekt in Basel wurden 11 200 Beben aufgezeichnet, aber nur zwei bis drei waren spürbar.** Wichtig für die Nutzung der Erdwärme ist die Durchlässigkeit des Gesteins. Für die wirtschaftliche Nutzung müssen rund 250 Liter Wasser pro Sekunde hindurchgepumpt werden können. Es gibt zwei Verfahren, um die Durchlässigkeit zu erhöhen: Beim Hydraulic Fracturing wird der Wasserdruck so lange erhöht, bis er den intakten Fels aufbricht. Beim Hydraulic Shearing wird so Druck auf den Fels gegeben, dass er sich verschiebt und sich bestehende Risse öffnen.

«Diese Verfahren können nicht in vier Kilometern Tiefe getestet werden», erklärt Amann. Deshalb wollen die Forscher sie im Grimselgranit im kleinen Massstab simulieren und in ihren Modellen hochrechnen. **Dazu pressen sie pro Injektion einen Kubikmeter Wasser durchs Gestein, nicht 11 500 Kubikmeter wie in Basel.** Und messen minutiös, was dabei geschieht. Wie verändert sich die Bruchöffnung? Bleibt der Bruch, oder schliesst er sich wieder? Wie deformiert sich der Fels während und nach der Injektion? Wie gross sind die Beben, und wie verlaufen sie entlang verschiedener Bruchzonen? Was verraten die Erdbeben über den Prozess der Stimulation? Kann man die Erschütterungen beeinflussen oder abschwächen, je nachdem, wie man den Druck aufbaut?



Wissenschaftler der ETH erforschen im Felslabor Grimsel, wie sich Gestein unter Druck verhält. Damit wollen sie Erdbeben bei Geothermie-Bohrungen verringern und dieser Energienutzung den Weg ebnen.

Projektleiter Amann steht mitten im Kabelgewirr und lässt mit einem ETH-Doktoranden eine Kamera in ein Bohrloch hinab. Sie schickt ein durchgehendes Bild der Wand nach oben auf den Bildschirm, auf dem Zentimeter für Zentimeter jede Struktur sichtbar wird. «Beim Experiment injizieren wir in zwei Bohrlöcher gezielt Wasser und beobachten, was im Fels geschieht. Wir wollen die Prozesse nachstellen, die beim Hydraulic Shearing und beim Hydraulic Fracturing ablaufen», erklärt Amann.

In je drei weiteren Bohrlöchern werden die Spannung, der Druckverlauf, die Deformationen und in vier weiteren Bohrlöchern geophysikalische und mikroseismische Prozesse aufgezeichnet. «Die Erdbeben, die wir hier erzeugen, sind sehr klein und nur mit höchst sensiblen Messinstrumenten festzustellen», sagt Amann. Hunderte von Metern Glasfaserkabel und Sensoren haben die Wissenschaftler verlegt. Damit können sie Bewegungen des Gesteins und Wanderzeiten der Erschütterung im Nanobereich messen. Derzeit laufen die letzten Testdurchgänge, damit alles bereit ist für das Experiment im Dezember.

Zwei Jahre für fünf Tage

Zwei Jahre werden die Forscher bis dann in ihr Projekt gesteckt haben, die Versuchsreihe dauert dann nur gerade fünf Tage. Der Ablauf sei auf die Minute genau geplant, sagt Amann. Zuerst wird der Fels mit Wasserdruck «stimuliert», dann «charakterisiert», also die Veränderung beschrieben. Dann ruht das Experiment über Nacht, und am nächsten Morgen wird geprüft, ob sich der Zustand verändert hat. In einer ersten Phase wird das Experiment der Verschiebungen im Fels durchgespielt. Dann die Durchlässigkeit des Gesteins gemessen. Danach folgt eine zweite Versuchsreihe mit künstlich erzeugten Rissen. Bis im März 2017 sollen die Untersuchungen abgeschlossen und die Analysen erstellt sein. «Was wir hier lernen über die Stimulation und die Abläufe, ist direkt praktisch anwendbar für die Planung von Geothermie-Kraftwerken», sagt Amann.

Wie sich Erdbeben durch veränderte Verfahren vermindern lassen, interessiert die Forscher besonders. Eine These dazu überprüfen sie im Experiment. Im klassischen Verfahren erhöhe man den Druck stufenweise, bis der Fels reisse, erklärt Amann. «Es gibt aber auch die Möglichkeit, den Druck nicht konstant hoch zu halten, sondern zyklisch zu verändern.» Das könne die seismischen Auswirkungen verringern. Er glaubt felsenfest an die Zukunft der Geothermie. «Ich stehe jeden Morgen auf und gehe jeden Abend ins Bett mit dem Gedanken, dass wir die Grundlagen schaffen, diese riesige Energiequelle zu nutzen.»