Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 101 (2010)
Heft: 3

Artikel: Geothermie : Energiepotential unter unseren Füssen
Autor: Heinzelmann, Elsbeth
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856056

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Geothermie – Energiepotenzial unter unseren Füssen

Neue Ansätze zur Nutzungsoptimierung

Die Schweiz gehört zur Weltspitze in geothermischer Forschung. Wissenschaftler an der ETH Lausanne und der ETH Zürich untersuchen die bessere Nutzung energetischer Geostrukturen, einerseits durch Simulation ihres thermomechanischen Verhaltens, anderseits durch Senkung der Bohrkosten für geothermische Werke. Finanziert werden beide Projekte durch Swisselectric Research.

ETHL

Bild 1 Der neue Terminal E des Flughafens Zürich, wo 440 Fundationspfähle rund 30 m tief reichen (310 zur Energiegewinnung).

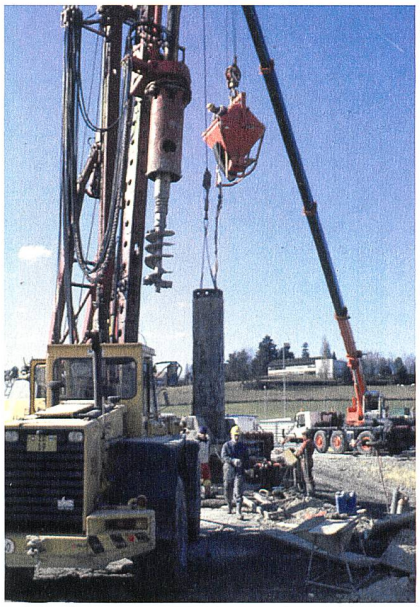
Elsbeth Heinzelmann

Wer im modernen Terminal E des Flughafens Zürich (Bild 1) seinen Flieger nimmt, ahnt kaum, dass dieses Gebäude in Grundwassergebiet errichtet wurde. 440 Fundationspfähle sind in rund 30 m Tiefe in der Grundmoräne verankert, 310 davon liefern 75 % der Energie zum Heizen und Kühlen. Die Pfähle dienen zur Übertragung der Last in den Boden und als Wärmetauscher. Dieser besteht aus Rohrleitungen, welche in die Betonpfähle verlegt wurden. Im Sommer kommt an die 470 MWh Kälte aus dem Boden und kühlt das Gebäude. Was dann an Wärme in den Untergrund gelangt, wird im Winter mit 1100 MWh zurückgewonnen. Eine Wärmepumpe erhöht die Temperatur auf 30–40 °C. Das System funktioniert zuverlässig, kosteneffizient und umweltfreundlich, liefert so 75 % der Energie zum Heizen und Kühlen des Gebäudes.

Unwissenheit verteuert Sicherheitsmarge

An rund 30 Stellen werden heute in der Schweiz energetische Geostrukturen genutzt als umweltgerechte Art, Gebäude zu beheizen und zu kühlen, dabei CO_2 bis zu 50 % zu reduzieren. Im Fall des Flughafens Zürich erleichterten thermische Simulationen der ETHL in der Planungsphase die Auslegung der Energiepfähle. Aber meist basiert der geotechnische Aspekt des Designs von Energiepfählen noch auf Vermutungen und empirischen Annahmen. «Energetische Geostrukturen sind ein Paradebeispiel für eine technologische Anwendung, die ohne genügend wissenschaftliche Erkenntnis genutzt wird», kommentiert Professor Lyesse Laloui, Direktor des Laboratoire de mécanique des sols (Labor für Bodenmechanik) an der ETHL. «Obwohl energetische Geostrukturen seit den frühen 80er-Jahren bekannt sind, blieben die Risiken durch Temperatureinwirkung auf das Gebäudefundament bisher eine offene Frage. Trotz gelungenen Installationen – wie am Zürcher Flughafen – fand die Technologie keine Verbreitung.»

Seit 1998 entwickelt der international renommierte Fachmann für geotechnische Auswirkungen von Temperaturwechseln auf Energiepfähle sogenannte In-situ-Thermal-Response-Tests (TRT). Sie liefern eine effiziente Methode zur Bestimmung der thermischen Eigenschaften des Bodens, wie sie für den energetischen Aspekt des Designs energetischer Geostrukturen und geothermischer Proben nötig ist. Das Test-Set beinhaltet ein Datenübertragungssystem; der Test lässt sich fernsteuern und via Internet überwachen.

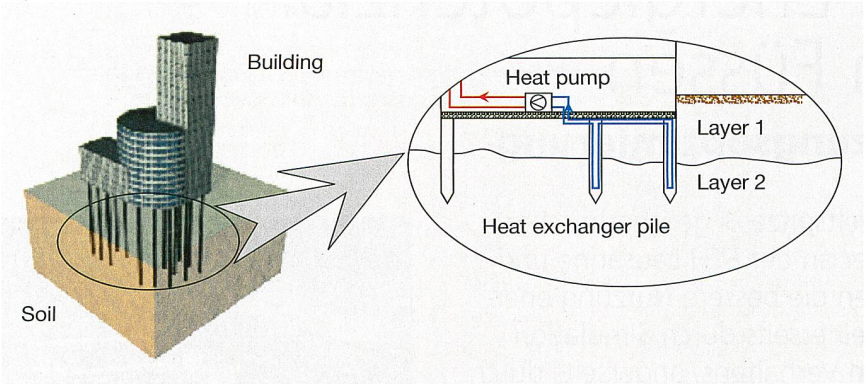


ETHL

Bild 2 Installation des als Wärmetauscher eingesetzten Fundationspfahls, ausgerüstet durch die Equipe von Professor Lyesse Laloui (ETHL).

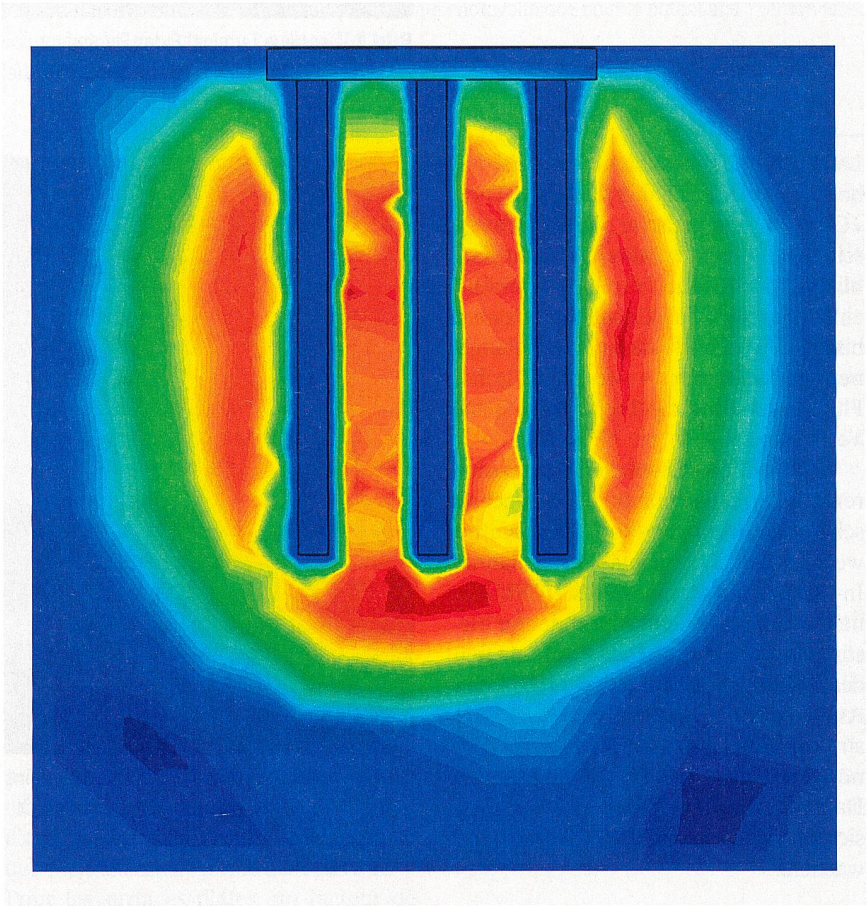
Campus ETHL als Versuchskaninchen

Als im Jahr 1999 auf dem ETHL-Campus ein 4-stöckiges Gebäude entstand, konzipierte Lyesse Laloui mit seinem Team einen Energiepfahl zu Studienzwecken. Die Forscher rüsteten den Testpfahl mit Geräten aus, um während wiederholten Heiz- und Kühlzyklen Messungen durchzuführen. Lastzellen dienten zur Erfassung der Kräfte am Fuss des Pfahls, Extensometer und faseroptische Sensoren registrierten dessen vertikale und radiale Deformationen. «Nach dem Bau des Pfahls wurde dieser erwärmt, was eine thermische Expansion bewirkte, wobei sich der Pfahlkopf hob», erklärt der ETHL-Wissenschaftler. «Als jedoch mit dem neuen Stockwerk mehr und mehr Gewicht zugefügt wurde, verwandelte sich diese Ausdehnung in eine axiale Spannung.» Die rapide Zunahme dieser Spannungen im Pfahl war das Resultat der thermischen Expansion, welche durch das darüberliegende Gebäudegewicht und den steifen Grund darunter eingeschränkt wurde. Das bedeutet: Es können sich zusätzliche Kräfte und Deformationen entwickeln, die man bei der Dimensionierung berücksichtigen muss, um sicherzugehen, dass die Widerstandskraft des Pfahls und die Tragfähig-



ETHL

Bild 3 Beispiel einer Installation mit energetischen Geostrukturen und Fundationspfählen als Wärmetauscher.



ETHL

Bild 4 Typisches Betriebstemperaturfeld im Boden.

keit des Bodens nicht überschritten werden.

Nach jedem Hinzufügen eines Stockwerks erwärmten die Forscher in ihrer Studie den Pfahl um 30 °C. Nach Fertigstellung des Gebäudes erhöhte sich die vertikale Kraft im Pfahl um 100–250 kN per °C. «Das kann jedoch nicht als Messlatte dienen, da im Fall des ETHL-Campus Schichten von verfestigtem Abtragungsschutt – sogenannter Molasse – und Sandstein erheblichen Reibungswiderstand auf den Pfahl ausüben», so der Lausanner Professor. Gewisse Böden wie beispielsweise Lehm verhalten sich elastisch, wenn die Temperaturvariationen um 20 °C liegen, werden aber oberhalb dieses Bereichs plastisch. Das heisst, der Boden rund um den Pfahl verändert seinen Zustand je nach Temperatur und kann sich nach Abschluss der Heiz- oder Kühlzyklen nur teilweise erholen. Aufgrund dieses plastischen Verhaltens hinterlässt jede Belastung Deformationen, die messbar und irreversibel sind und zu dauerhaften Bodensetzungen führen.

All diese komplexen Zusammenhänge zwischen mechanischen Eigenschaften des Pfahl-Grund-Systems, von Temperatur und Grundwasser simulierte das Forscherteam mit bestehenden numerischen Werkzeugen. Doch nach Abschluss der Arbeiten wollte Lyesse Laloui die experimentellen Daten verwenden, um eine wissenschaftlich basierte Designmethode zu entwickeln, mit der sich energetische Geostrukturen effizient nutzen lassen. Im Januar 2008 startete er ein Projekt mit dem Ziel, eine Simulation zu realisieren, welche die thermische Evolution im Boden mit dem thermo-mechanischen Verhalten der Bodenstruktur verknüpfen kann. Angepeilt war die Reproduktion von komplexen In-situ-Temperaturwechseln, der mechanischen Belastung und der hydraulischen Bedingungen. Swisselectric Research unterstützte dieses Projekt im Rahmen ihres Forschungsprogramms.

Technologie optimal nutzen dank Wissen

Inzwischen ist eine weltweit einzigartige Simulation entstanden, dank fortgeschrittenen numerischen Modulen, welche das komplexe Verhalten von energetischen Geostrukturen reproduzieren. Beispielsweise lässt sich der Langzeiteffekt von jahreszeitlichen Temperaturschwankungen und extremen Belastungsbedingungen auf energetische Geostrukturen quantifizieren. Mit dem theoretischen Modell **(Bild 5)** können verschiedene Effekte evaluiert werden, beispielsweise von Pfahlgruppen mit vorgegebenen Abständen, den unterschiedlichen Kräften, welche auf die Bodenplatte einwirken, sowie die Verformung der Pfähle. «Nehmen wir bei geothermischen Rohrleitungen eine Ausfallrate von 10 % an, besteht ein erhebliches Risiko, dass in einer Gruppe von vier Pfählen der eine funktionsuntüchtig wird, sich deshalb nicht im gleichen Verhältnis wie die anderen ausdehnt und zusammenzieht», kommentiert Lyesse Laloui. Die Ergebnisse der Modellierung zeigten erhebliche Belastungsabweichungen. So variierten die Pfahlsetzungen zwischen 0,6 mm am Fuss des Pfahls und 1,3 mm an seiner Spitze. Auch wenn es sich hier nur um wenige mm handelt, ist Vorsicht angebracht, da das Absetzen differenzieller Natur ist. Das bedeutet, dass die Setzung sich nicht homogen unter dem Gebäude verteilt. Eine differenzielle Setzung verursacht Abscherungskräfte,

welche ein Rissigwerden nach sich ziehen können.

Das Spektrum der Möglichkeiten mit dem neuen numerischen Werkzeug ist beachtlich. Die Computermodelle beschreiben die zusätzlichen Belastungen der Pfähle, die Abnahme der seitlichen Reibung, den möglichen Leerraum zwischen dem thermoelastischen Pfahl und dem thermoplastischen Grund sowie die potenziellen Biegemomente verbunden mit asymmetrischer thermaler Ausdehnung.

«Die im Rahmen des Swisselectric-Research-Projekts erarbeitete Software, basierend auf den Resultaten von In-situ-Versuchen und numerischen Simulationen, erlaubt nun die Berechnung zusätzlicher Belastungen, hervorgerufen durch Heizen und Kühlen des Pfahls sowie die Überprüfung der Tragfähigkeit und der Pfahlsetzungen», erklärt Dr. Hervé Péron, Post-Doc-Forscher im ETHL-Labor für Bodenmechanik. Sie dürfte der Nutzung der als Wärmetauscher eingesetzten Fundationspfähle den lang ersehnten Durchbruch bringen. «Mit solchen Systemen können wir den Verbrauch an fossiler Energie um 80 %, die CO_2-Emissionen um 45–100 % senken», bilanziert der ETHL-Forscher. «Energetische Geostrukturen haben Zukunftspotenzial, denn hier erfolgt die Produktion von Energie gleich unter dem Gebäude, also an Ort und Stelle ihres Verbrauchs. Zudem gewährleisten sie eine sichere und vernünftige Bereitstellung von Energie.»

Wenn die Geologie mitspielt …

Die Stromerzeugung mit Geothermie blickt auf eine lange Geschichte. Schon im Jahr 1905 hatte der italienische Forscher Graf Piero Ginori Conti den Geistesblitz, in Larderello (Provinz Pisa) das erste Erdwärmekraftwerk der Welt zu bauen. Ab 1913 erzeugten die mit Wasserdampf betriebenen Turbinen 220 kW elektrische Leistung. Larderello ist noch heute das grösste Geothermiekraftwerk Europas, das 700 MW Strom ins nationale Elektrizitätsnetz einspeist. Italien gilt bis heute als führend in Europa, was die geothermische Stromerzeugung betrifft. 1,5 % der im Land erzeugten Elektrizität stammt aus geothermischen Kraftwerken. Der Ort westlich von Siena bietet sich geradezu an, Erdwärme anzuzapfen: Hier treffen die nordafrikanische und die eurasische Kontinentalplatte aufeinander. Flüssiges Magma nahe der Erdoberfläche wandelt das Wasser in 150–260 °C heissen Dampf. Isolierte Rohrleitungen leiten diesen zu den Turbinen im Kraftwerk. Kühltürme verflüssigen den abgearbeiteten Dampf, wonach Pumpen das noch heisse Wasser erneut in die Tiefe befördern.

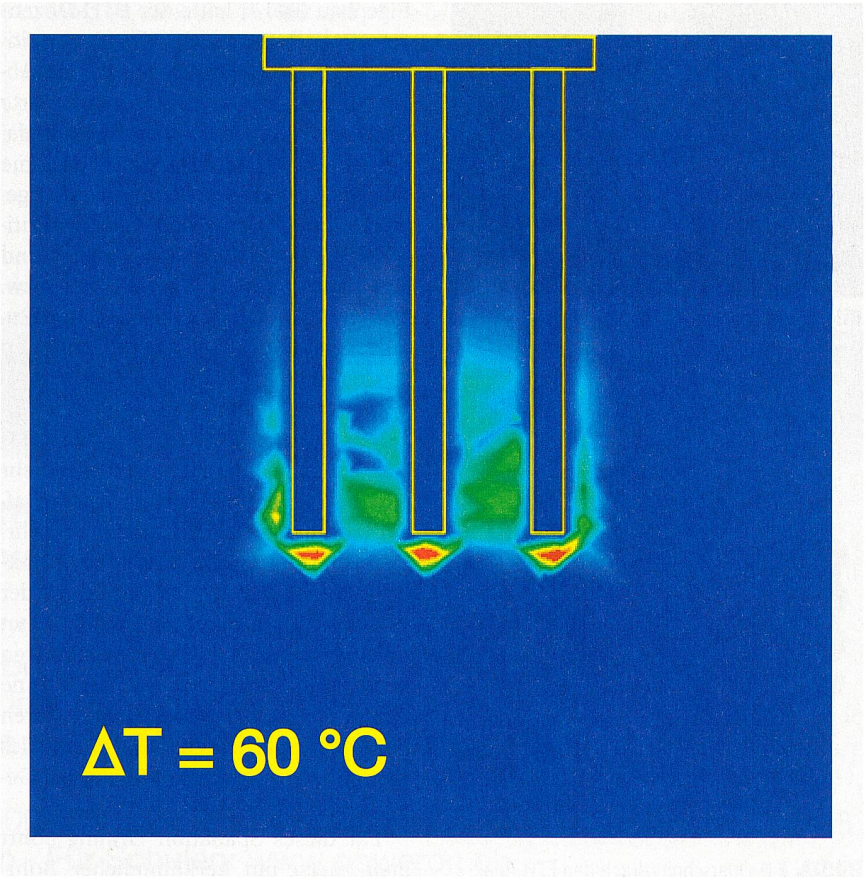
Lehrmeister für Geothermienutzung ist dank unzähliger Vulkansysteme und voraussehender Planung Island, das einen Grossteil seiner Wärmeversorgung und rund $^1/_5$ seiner Stromversorgung aus Geothermie bezieht. Günstige Bedingungen bietet auch Unterhaching bei München. Das im Juni 2009 eingeweihte, grösste Geothermieheizwerk Deutschlands schafft mit zwei Tiefbohrungen von über 3400 m einen Thermalwasserkreislauf, der seit der Heizperiode 2007/08 mehrere 1000 Bürger mit Wärme aus der Tiefe versorgt. Bis 2020 sollen rund 280 MW Leistung für geothermische Stromerzeugung installiert sein.

Doch derart ideale geologische Verhältnisse sind rar. Wo die Erdwärme nicht in Griffnähe ist, sind Bohrlöcher von 10 km und tiefer nötig, will man die erforderlichen Wärmequellen erschliessen. Entsprechend teuer kommt die Boh-

Funktion

Soultz-sous-Forêts – das Vorzeigebeispiel

Wie so eine geothermische Anlage funktioniert, zeigt die Pilotanlage in Soultz-sous-Forêts, 50 km nördlich von Strassburg. Sie ist konzipiert für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung, besteht aus drei 5000 m tiefen Bohrungen, in deren Tiefe man bereits auf Temperaturen von 200 °C stösst. Die Bohransatzpunkte sind in 6 m Distanz voneinander angebracht, alle drei Bohrungen erfolgen von derselben Plattform aus. Das Wasser wird in die bestehenden Klüfte verpresst. Dabei kommt es zu Verschiebungen, die Rissoberflächen sind nicht mehr passgenau, der Fliesswiderstand wird dauerhaft eingeschränkt. Diese Wärmetauscher tief im Erdinnern verbinden die Bohrungen untereinander, womit sich das in der zentralen Injektionsbohrung verpresste kalte Wasser mit einer Temperatur bis 175 °C aus den beiden Produktionsbohrungen fördern lässt. Im Juni 2008 nahm dieses weltweit erste Hot-Dry-Rock-Kraftwerk seinen Probebetrieb auf und erzeugt heute eine Wärmeleistung bis 30 MW.



ETHL

Bild 5 Modellieren von irreversiblen Setzungen, verursacht durch erhöhte Temperatur in den Pfählen wegen falsch dimensionierter Installation.

rung zu stehen. Werfen wir einen Blick auf die Hauptkostenblöcke, entfallen gemäss dem Institut für Energie Leipzig rund 13 % auf den Ausbau, 12 % auf den Bohrplatz, 10 % auf die Spülung und 6 % auf Entsorgung, jedoch ganze 40 % auf die Bohrung. Grund dafür ist, dass die herkömmlichen Bohrtechnologien, wie sie bei Öl, Gas und Wasser zum Einsatz kommen, für Geothermie ungeeignet sind. In einer Tiefe von 10 km und mehr trifft der Bohrer auf hartes, polykristallines Gestein. Der mechanisch über eine Welle angetriebene Bohrkopf verschleisst sich rasch und muss aufwendig ausgewechselt werden.

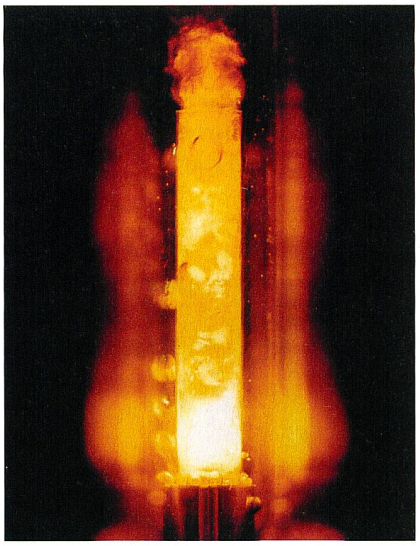
Forschung

Anschub für innovative Energievorhaben

Swisselectric Research unterstützt im Auftrag der schweizerischen Stromverbundunternehmen Alpiq, BKW, CKW, EGL und Axpo die angewandte Forschung und Entwicklung auf allen Gebieten der Elektrizität: von der Produktion und Speicherung über die Übertragung und Verteilung bis zur effizienten Energienutzung und der Mobilität, von der Weiterentwicklung bewährter Technologien bis zur Nutzung neuer erneuerbarer Energien. Gegenwärtig unterstützt Swisselectric Research 28 Forschungsprojekte mit mit einem Betrag von rund 16 Mio. CHF. Thematische Schwerpunkte bilden elektrische Netze, Wasserkraft, neue erneuerbare Energien, effiziente Energienutzung und Energiesysteme. Partnerschaften spielen eine zentrale Rolle. In den Projekten kooperieren 42 Forschungsgruppen von Hochschulen, Instituten und Unternehmen aus der Schweiz und der EU. Als erfreulicher Effekt für die Industrie konnten in den Kooperationen bisher über 40 Nachwuchskräfte finanziert werden. Jährlich zeichnet der mit 25 000 CHF dotierte Swisselectric Research Award eine Forscherpersönlichkeit aus, welche mit ihrer Arbeit in der Elektrizitätsforschung Herausragendes geleistet hat.

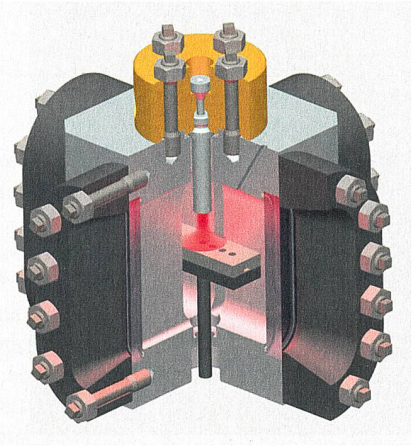
Flamme soll Gestein zerbröseln

Einen Lösungsansatz verfolgt Professor Philipp Rudolf von Rohr am Institut für Verfahrenstechnik der ETH Zürich. Seit über 15 Jahren erforscht er hydrothermale Flammen (Bild 6). Seine Idee ist, das Gestein in einer Tiefe ab rund 2500 m mit einer Flamme lokal so stark zu erhitzen, dass es durch die thermisch induzierten Spannungen zerbröckelt. Zur Erforschung dieses Prozesses unter realen Druck- und Temperaturbedingungen im Labor der ETHZ setzen die Wissenschaftler ein modifiziertes Reaktorsystem ein.



ETHZ

Bild 6 Hydrothermale Flamme, welche das Gestein lokal erhitzen und zerbröseln soll.



ETHZ

Bild 7 3-D-Querschnitt durch den ETH-Reaktor mit der aktuellen Sensorik (Wärmeflusssensoren).

Diesen Hochdruckreaktor Marke Eigenbau (Bild 7) hatte der ETH-Dozent ursprünglich für die SCWO (Supercritical Water Oxidation) eingesetzt, um Abwasser, Schlamm und kontaminierte Böden zu behandeln. «Durch die Oxidation in einer hydrothermalen Flamme werden die Schadstoffe unschädlich gemacht. Der Prozess findet in überkritischem Wasser statt, was Drücke und Temperaturen von über 221 bar bzw. 374 °C voraussetzt», erklärt Philipp Rudolf von Rohr. Über dem kritischen Punkt verändert Wasser seine thermophysikalischen Charakteristiken. Es verhält sich prinzipiell wie ein verdichtetes Gas, hat keine Phasengrenzflächen mehr und damit gute Stofftransporteigenschaften. «Da in einem wassergefüllten Bohrloch von rund 2500 m Tiefe der erforderliche Druck von 221 bar angesichts der Wassersäule natürlich gegeben ist, eignet sich dieses Konzept der hydrothermalen Flamme für Spallation Drilling.» Eine Spontanzündung ist bei Temperaturen über dem Selbstentzündungspunkt des verwendeten Brennstoff-Sauerstoff-Gemischs möglich.

Für dieses Spallation Drilling bohrt man zuerst mit herkömmlicher Bohrtechnik durch das relativ weiche Sedimentgestein. Absicht der Forscher ist es, mit dem neuen Verfahren den Bohrvorgang im nachfolgenden härteren Gestein in noch grösseren Tiefen fortzusetzen. Im ersten konventionell gebohrten Loch senkt man den Brenner mit Propan und Luft bis auf den Grund ab und zündet die Flamme. Die entstehende Hitze erhöht die Temperatur auf der Gesteinsoberfläche lokal sehr stark. «Angesichts der geringen thermischen Leitfähigkeit des harten Gesteins bildet sich eine dünne Schicht an der Oberfläche, in welcher die Temperatur sehr hohe Werte erreicht», so der ETH-Forscher. «Die Spannung zwischen expandierender heisser Oberschicht und dem kalten Gestein darunter lässt das Material absplittern.» Ein zusätzlicher Wasserstrom befördert die entstehenden Gesteinsbruchstücke kontinuierlich aus dem Bohrkopf an die Erdoberfläche.

Der lange Weg der Grundlagenforschung

Damit die Wissenschaftler die Machbarkeit von Spallation Drilling in einer überkritischen Wasserumgebung demonstrieren und damit das Konzept für die industrielle Anwendung zugänglich machen können, finanzierte Swisselectric Research diese weltweit einzigartigen Forschungsarbeiten an der ETHZ. Einerseits geht es darum, die für die lokale Erhitzung im Gestein nötigen Wärmeströme zu erreichen und experimentell zu messen. Kern dieses Projekts ist der umgebaute Hochdruckreaktor WCHB-3. Dieser besteht aus einer hochtemperaturfesten Stahllegierung, verfügt über eine axiale Temperaturmesseinrichtung in der Flamme sowie vier Wärmeflusssensoren zur Messung des Wärmestroms von der Flamme in die Sensorplatte. Er hält Betriebsdrücken bis 300 bar stand, ein

Muss, um die Drücke in einer Tiefe von über 2500 m zu simulieren. Vier Saphirgläser ermöglichen den optischen Zugang zum Geschehen im Herzen des Reaktors. Regeleinheiten sorgen dafür, dass alle wichtigen Betriebsparameter der Anlage wie Brennstoff, Oxidationsmittel, Kühlwasser, Einlasstemperaturen und Drücke reguliert werden. Heizblöcke ermöglichen das Vorheizen der Reaktanden, damit eine Selbstzündung im Wasser überhaupt möglich ist.

Neben den Experimenten entwickelt das Forscherteam anderseits ein Modell, um den Prozess zu simulieren und zu optimieren. «Als wichtige Prozessparameter für einen stabilen Betrieb untersuchen wir die Art des Brennstoffs sowie die optimalen Massenflüsse und analysieren die dynamischen Strömungsbedingungen», kommentiert Verfahrensingenieur Tobias Rothenfluh. Dazu gehören das ständige Heizen oder alternierendes Kühlen auf der Gesteinsoberfläche und schliesslich die Entwicklung eines Bohrkopfkonzepts für Spallation Drilling anhand des Modells. Hierfür gilt es, die Brennergeometrie zu definieren, sowie Art und Anzahl der Flammen, die eine homogene Wärmeverteilung gewährleisten, zudem das Aufheizen der Reaktanden.» Die Software dient ebenso dazu, die Temperaturdifferenz im Gestein im Moment des Fragmentierens zu simulieren sowie das Temperaturprofil aufzuzeigen. Zur Analyse des gesamten Prozesses muss das Modell auch die Fluiddynamik, die Verbrennungsreaktion, den Wärmestrom ins Gestein, die Bruchmechanik des Gesteins, das Abplatzen der Bruchstücke sowie deren Abtransport umfassen.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen im Versuchsreaktor konstruiert das ETHZ-Team nun (Sommer 2009) eine von Swisselectric Research und vom Bundesamt für Energie (BFE) gemeinsam unterstützte Demonstrationsanlage zur Bearbeitung des Gesteins. Sie erlaubt, Spallation Drilling unter realen Bedingungen zu untersuchen und die Eignung verschiedener Gesteinsarten für Spallation Drilling zu charakterisieren. Die dadurch erlangten Ergebnisse und Erkenntnisse sind ausschlaggebend für die industrielle Anwendung des Verfahrens. Aufgabe der ETH-Wissenschaftler ist es schliesslich, den Wirkungsgrad des Spallationsbohrverfahrens abzuschätzen und eine Kostenanalyse des Bohrprozesses durchzuführen.

Die Schweiz gehört heute zu den führenden Ländern in geothermischer Forschung, hat somit gute Aussichten, Geothermie als Energiequelle zur Stromerzeugung zu nutzen. Dazu heisst es aber, die Förderung von Erdwärme effizienter und kostengünstiger gestalten und entsprechend Know-how aufbauen, das sich mit hoher Wertschöpfung exportieren lässt. Es steht viel auf dem Spiel, rechnen doch die USA bis zum Jahr 2050 mit einer Leistung von 100 GW aus geothermischen Systemen.

Angaben zur Autorin

Elsbeth Heinzelmann ist Fachjournalistin für Technik und Wissenschaft und Inhaberin der Firma CST Communication, Science and Technology GmbH, in Bern.

CST Communication, Science and Technology GmbH, 3011 Bern, cstgmbh@bluewin.ch

Links

- www.swisselectric-research.ch
- http://lmswww.epfl.ch
- www.ipe.ethz.ch

Résumé

La géothermie – un potentiel énergétique sous nos pieds

Nouvelles approches en vue d'une exploitation optimisée

La Suisse est, sur le plan mondial, à la pointe de la recherche en géothermie. Des scientifiques de l'EPF de Lausanne et de l'EPF de Zurich étudient comment mieux exploiter les géostructures énergétiques, d'une part en simulant leur comportement thermomécanique et, d'autre part, en réduisant les coûts de forage pour les centrales géothermiques. Ces deux projets sont financés par Swisselectric Research. No

Anzeige

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen.
Für eine sichere Stromversorgung.

Der VSE ist der Branchendachverband der schweizerischen Elektrizitätsunternehmen. Er setzt sich für gute Rahmenbedingungen für die Elektrizitätswirtschaft und eine sichere Stromversorgung ein, informiert die Öffentlichkeit über Themen der Elektrizitätsbranche und bietet seinen 435 Mitgliedern zahlreiche Dienstleistungen an.

Hintere Bahnhofstrasse 10 · 5001 Aarau · Telefon: 062 825 25 25 · Fax: 062 825 25 26
info@strom.ch · www.strom.ch · Für Schulen: www.poweron.ch

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen Association des entreprises électriques suisses Associazione delle aziende elettriche svizzere