GEOTHERMIE

GEMex: Erkundung und Erschließung unkonventioneller geothermischer Ressourcen in Mexiko

Dr. Egbert Jolie, Prof. Dr. David Bruhn (Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ)

Superheiße Geothermalsysteme mit Temperaturen über 350 °C können eine deutlich höhere Stromproduktion mit weniger Bohrungen ermöglichen. Aber sie erfordern auch neuartige und innovative Explorations- und Nutzungskonzepte, die an die besonderen Bedingungen in der Tiefe angepasst sein müssen.

- Superheiße geothermische Reservoire könnten zu interessanten alternativen Energiequellen werden.
- Forschung und Wirtschaft arbeiten an Konzepten und Technologien, um diese Energie nachhaltig zu erschließen.
- Dabei stellen sich neuartige Herausforderungen, da man auf überkritische Reservoirbedingungen, aggressive Fluide und sehr hohe Temperaturen trifft.
- Ansätze zur Integration komplexer Datensätze und deren Interpretation wurden getestet.

Die Entwicklung von geothermischen Hochtemperaturfeldern mit überkritischen Bedingungen wird in verschiedenen Teilen der Welt zum neuen „heißen“ Thema, da dadurch eine deutlich höhere Stromproduktion mit weniger Bohrungen möglich erscheint.

Zu diesen „unkonventionellen“ Ressourcen gehören beispielsweise gering-durchlässige Reservoire mit sehr hohen Temperaturen (hot engineered geothermal systems, hot-EGS) sowie geothermale Systeme, in denen Fluid-Temperaturen von mehr als 350 °C erreicht werden (superhot geothermal systems, SHGS). Beide Reservoir-Typen ziehen die Aufmerksamkeit von Wissenschaft und Industrie auf sich, stellen jedoch unterschiedliche Herausforderungen dar.

In hot-EGS werden Stimulationsmethoden benötigt, um den Fluidfluss zu verbessern oder überhaupt erst zu ermöglichen, während in superheißen Geothermalsystemen (SHGS) besondere Anforderungen an Bohrverfahren und Materialien gestellt werden, um widerstandsfähig gegenüber hohen Temperaturen und aggressiven Fluiden zu sein, die zu schneller Korrosion führen können.

Zu den aktuell laufenden bzw. kürzlich abgeschlossenen großen Forschungsprojekten gehören beispielsweise IDDP (Island), JBBP (Japan), GEMex (Mexiko), Geothermal: The Next Generation (Neuseeland), DEEPEGS, oder auch DESCRAMBLE. Superheiße Geothermalsysteme mit Temperaturen über 350 °C erfordern neuartige und innovative Explorations- und Nutzungskonzepte, die an die besonderen Bedingungen in der Tiefe angepasst sein müssen.

Daher sind erhebliche Forschungsanstrengungen erforderlich, um erstens die Bedingungen in der Tiefe (z. B. Bruchzonen, Spannungsfeld, Gesteinseigenschaften, Chemie der Fluide, Risiken) ausreichend zu verstehen und zweitens neue Konzepte für eine erfolgreiche Nutzung solcher Ressourcen zu konzipieren, die sich von den derzeit für konventionelle hydrothermale Systeme verwendeten Methoden unterscheiden werden.

Abb. 1: Bohrung im Los Humeros Geothermiefeld, Mexiko. Die Förderbohrung H49 erreicht eine Tiefe von über 2000 m und wird zusammen mit 30 anderen Bohrungen zur Stromerzeugung genutzt. Das Los Humeros Geothermiekraftwerk hat eine installierte Leistung von ~95 MWe (Megawatt elektrisch).
Foto: Egbert Jolie

Ein genaues Bild des Untergrunds gewinnen

Im GEMex ging es darum, geologische Tiefenstrukturen möglichst detailliert zu charakterisieren und darzustellen. Um sich ein genaues Bild von den geologischen Rahmenbedingungen zu machen, gibt es verschiedene Methoden, die schlussendlich ein integriertes Gesamtbild ergeben.

Zunächst ist es wichtig, die Oberflächenstrukturen und die Geologie umfassend zu verstehen. Altersdatierungen von Gesteinen liefern zudem Informationen zu den vulkanischen Prozessen in der Vergangenheit, die wiederum die Entwicklung geothermischer Reservoire rekonstruieren lassen. Geologische Informationen werden durch geochemische Studien ergänzt, um erste direkte Daten aus dem tiefen Untergrund zu erhalten. In dem Rahmen werden beispielsweise Fumarolen und – sofern vorhanden – heiße Quellen beprobt und analysiert. Messungen von Bodengasen werden hierzu ebenfalls durchgeführt. Mit diesen Ergebnissen können permeable Strukturen mit heißen Fluiden nicht nur identifiziert, sondern auch charakterisiert werden.

Eine weitere wichtige Säule in der Exploration bilden geophysikalische Erkundungsverfahren. So wird der spezifische Widerstand des Untergrundes durch Magnetotellurik und Transienten-Elektromagnetik abgebildet. Dieser liefert sehr genaue Informationen zum Aufbau geothermischer Reservoire. Hinzu kommen andere geophysikalische Verfahren wie die seismischen Messungen, Schwerefeld- und Geomagnetikmessungen, GPS-Methoden und Radarinterferometrie (InSAR), die zum Gesamtbild beitragen.

In Kombination mit strukturgeologischen Kartierungen, Altersdatierungen und hydrogeologischen Untersuchungen der verschiedenen Grundwasser- bzw. Tiefenwasservorkommen ergibt sich ein detailliertes Bild der für die Erschließung und Nutzung wesentlichen Strukturen im Untergrund. Alle diese Methoden wurden von unterschiedlichen Partnern aus Europa und Mexiko an zwei Standorten in Mexiko (Acoculco und Los Humeros) angewendet und teilweise weiterentwickelt.

Bruchverhalten von Gestein

Generell wird in hydrothermalen Reservoiren ein durchlässiges Gestein (z. B. mit Brüchen) benötigt, damit Fluide zirkulieren können und ihre Energie genutzt werden kann. Bei SHGS steht insbesondere die spröd-duktile Übergangszone in der Nähe von Magmenkörpern im Fokus, da diese den Übergang zu Bereichen mit besonders hohen Temperaturen markiert.

Als spröde bezeichnet man Gesteine, die brechen, während solche, die sich verformen, als duktil bezeichnet werden. Abhängig ist das sowohl von der Gesteinsart wie auch von den Bedingungen, die im Untergrund herrschen, vor allem von Druck und Temperatur. Bisher gibt es nur sehr wenig praktische Erfahrungen, wie man sich der Übergangszone vom spröden zum duktilen

Abb. 2: Wissenschaftler beim Feldeinsatz in Mexiko. Foto: Egbert Jolie

Gesteinsverhalten (Brittle-Ductile-Transition) durch Bohrungen nähert und geeignete Konzepte zur Energiegewinnung entwickelt.

Erschließung superheißer Ressourcen

Bislang werden geothermische Ressourcen weltweit häufig dort genutzt, wo ihre Spuren bereits an der Erdoberfläche sichtbar sind und hohe Temperaturen, die für die Erzeugung von Strom notwendig sind, schon in geringer Tiefe von ein bis drei Kilometern erreicht werden. Diese Systeme befinden sich in Regionen mit vulkanischer Aktivität, wie zum Beispiel in Island, Italien, Mexiko, Japan oder Neuseeland. Während die Erkundung, Erschließung und Nutzung von „konventionellen“ geothermischen Ressourcen durch etablierte Methoden und Technologien sichergestellt ist, verbleibt noch immer ein enormer Anteil der Ressourcen ungenutzt, da konventionelle Technologien nicht überall eingesetzt werden können.

Die Erschließung solch superheißer geothermischer Ressourcen erfordert auch Fortschritte in der Bohrtechnologie, der Integrität von Bohrlöchern, sowie der verfügbaren Bandbreite an geeigneten Materialien, die unter diesen schwierigen Bedingungen verwendet werden können. Im Rahmen von GEMex wurden verschiedene Stähle und Titankomponenten mit einem an einer superheißen Bohrung in Island entwickelten Testverfahren für zwei Wochen in einem tiefen, sehr heißen Bohrloch in Mexiko den aggressiven Bedingungen ausgesetzt und anschließend in Island von Projektpartnern untersucht. Ziel dabei war, möglichst langlebige Materialien sowohl für unter- wie auch obertägige Anlagen zu finden, da diese für die nachhaltige Nutzung von entscheidender Bedeutung sind.

Zukünftiger Forschungsbedarf

Mit dem mexikanisch-europäischen Forschungsprojekt GEMex wurde seit 2016 intensiv daran geforscht, ein besseres Verständnis für tiefe geothermische Ressourcen mit hohen Temperaturen zu entwickeln. Dies gestaltete sich als ein komplexes Unterfangen, da verschiedene Disziplinen mit verschiedenen „wissenschaftlichen Sprachen“ erst einmal zueinander finden mussten, um einen integrierten und multidisziplinären Ansatz entwickeln zu können, der zuverlässige Informationen zum Reservoir liefert.

Dieses Zusammenführen von Informationen hat dadurch funktioniert, dass diverse Datensätze in verschiedenen Software-Plattformen miteinander kombiniert und interpretiert wurden. Dieser Prozess ist noch immer mit viel Handarbeit verbunden. Zukünftig könnte hier jedoch Machine-Learning Einzug halten, so dass komplexe, Multiparameter-Datensätze einheitlich und konsistent prozessiert und interpretiert werden können, um ein verifiziertes konzeptionelles Modell vom Untergrund zu entwickeln. Nur so wird es gelingen, die gewonnenen Erkenntnisse in ein konkretes Tiefbohrprojekt umzusetzen. Darüber hinaus werden Konzepte zur Risikominderung und zum Risikomanagement benötigt, die an höhere Temperaturen und Drücke angepasst sind.

Forschungssteckbrief:

Kooperations- und Forschungspartner: GEMex ist eine Forschungskooperation zwischen einem europäischen Konsortium von 24 Partnern (finanziert durch das Rahmenprogramm Horizont 2020 – Forschung und Innovation der EU) aus 10 verschiedenen Ländern und einem mexikanischen Konsortium von acht mexikanischen Partnern (finanziert durch CONACyT). Um an Ansätzen für diese spezifischen Herausforderungen zu arbeiten, wurden von den europäischen und mexikanischen Partnern zwei Standorte in Mexiko ausgewählt – Acoculco (hot-EGS) und Los Humeros (SHGS).

Referenzen

- Bruhn, D., Jolie, E., Kieling, K., Bonté, E. T. D., Liotta, D., Hersir, G. P., ... Huenges, E. (2019). GEMex–cooperation in geothermal energy research Europe-Mexico for development of enhanced geothermal systems and superhot geothermal systems. In *Proceedings, European Geothermal Congress 2019*. Den Haag, Niederlande.
- Jolie, E., Bruhn, D., Hernández, A. L., Liotta, D., Garduño-Monroy, V. H., Lelli, M., ... & Deb, P. (2018). GEMex – A Mexican-European Research Cooperation on Development of Superhot and Engineered Geothermal Systems. In *Proceedings, 43rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering* (SGP-TR-213). Stanford, USA.
- Jolie, E., Liotta, D. Garduño-Monroy, V. H., Gutíerrez-Negrin, L. C., Galván, C. A., Gylfi Páll Hersir, G. P., … The GEMex Team. (2020). The GEMex project: Developing Los Humeros (Mexico) as a Superhot Geothermal Site. In *Proceedings World Geothermal Congress 2020* (26. April bis 2. Mai 2020 in Reykjavík). Reykjavík, Irland.

Impressum

Herausgeber
Helmholtz-Zentrum Potsdam
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam

Redaktion
PD Dr. Dierk Spreen
Jana Kandarr
Oliver Jorzik

Layout
Pia Klinghammer

E-Mail: redaktion-eskp@gfz-potsdam.de

Alle Artikel sind auch im Internet abrufbar:
https://themenspezial.eskp.de/vulkanismus-und-gesellschaft/inhalt-937231/

Stand: September 2020
Heft-DOI: doi.org/10.2312/eskp.2020.2
ISBN: 978-3-9816597-3-3

Zitiervorschlag:
Jorzik, O., Kandarr, J., Klinghammer, P. & Spreen, D. (Hrsg.). (2020). *ESKP-Themenspezial Vulkanismus und Gesellschaft. Zwischen Risiko, Vorsorge und Faszination*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:10.2312/eskp.2020.2

Einzelartikel:
[Autor*innen]. (2020). [Beitragstitel]. In O. Jorzik, J. Kandarr, P. Klinghammer & D. Spreen (Hrsg.), *ESKP-Themenspezial Vulkanismus und Gesellschaft. Zwischen Risiko, Vorsorge und Faszination* ([Seitenzahlen]). Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. doi:[DOI-Nr.]

Die Verantwortung für die Inhalte der Einzelbeiträge der vorliegenden Publikation liegt bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren.

Empfehlungen zum Verhalten an aktiven Vulkanen, Vulkaninfos für Reisende usw. sind nach bestem Wissen entwickelt worden. Dennoch können das GFZ sowie andere beteiligte Zentren oder Institutionen nicht verantwortlich gemacht werden und keinerlei Haftung für Schäden übernehmen, die durch die Beachtung dieser Hinweise entstehen. Das Gleiche gilt für die zu dieser Publikation beitragenden Autorinnen und Autoren oder in dieser Publikation zitierte Personen.

Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen:
eskp.de | CC BY 4.0