

Newsletter

Tiefengeothermie: Strom aus dem Erdinnern

Die Energie zu unseren Füßen

■ Von Christina Tobler*

Die Schweiz hat sich für ihre Energiezukunft ehrgeizige Ziele gesetzt. Einerseits haben Bundesrat und Parlament den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen, gleichzeitig soll der Anteil fossiler Brennstoffe an der Energieversorgung deutlich verringert werden. Wie können wir also künftig unseren Energiebedarf decken, ohne die Klimaschutzziele zu gefährden?

Neben einer Verbesserung der Energieeffizienz setzt die Schweiz auf den Ausbau von «neuen» erneuerbaren Energiequellen wie Photovoltaik und Windenergie. Die Stromproduktion aus diesen Ressourcen unterliegt jedoch wetter- und tageszeitbedingten Schwankungen. Gleichmässig anfallende Bandenergie (sogenannte Grundlast) könnte zwar aus Biomasse gewonnen werden, dies ist jedoch mit Emission von Feinstaub und Treibhausgasen verbunden.

Die Tiefengeothermie könnte hier einen substanziellen Beitrag zur Energiewende leisten. Unter unseren Füßen schlummert nämlich eine nahezu unerschöpfliche Energiereserve. Vier bis fünf Kilometer unter der Erdoberfläche herrscht in der Schweiz eine Temperatur von rund 150°C: Wärmeenergie, die sowohl für die Strom- als auch die Wärmeproduktion genutzt werden kann. Die Tiefengeothermie stellt eine erneuerbare und einheimische Energiequelle in Aussicht, die CO₂-frei Bandenergie liefern kann – unabhängig von der Tages- und Jahreszeit oder von Wetter- und Windverhältnissen. Das macht sie zu einer Hoffnungsträgerin für die Energiezukunft der Schweiz.

Doch die Tiefenenergie steht auch vor vielen Herausforderungen. Solche Tiefbohrungen im harten Gestein sind aufwendig, teuer und technologisch anspruchsvoll. Das fehlende Wissen über den Schweizer Untergrund macht es ausserdem schwierig, die potenziellen Ressourcen abzuschätzen – damit sind Tiefengeothermieprojekte mit beträchtlichen finanziellen Risiken behaftet. Nicht zu vernachlässigen ist auch das Risiko von Erdbeben, wie sie die Schweiz im Zusammenhang mit den Projekten in Basel und St. Gallen erschütterten.

In welchem Ausmass ist also Geothermie hierzulande als Ressource nutzbar und welche wirtschaftlichen Kosten fallen dabei an? Welche ökologischen und risikobezogenen Begleiterscheinungen sind zu erwarten? Wie fällt die Gesamtleistung der Geothermie im Vergleich zu konkurrenzierenden Energiequellen aus? Erlauben es der Regulierungsrahmen und die Akzeptanz in der Öffentlichkeit überhaupt, einen wesentlichen Teil des Energiebedarfs durch diese Energie aus dem Untergrund zu decken?

Diesen und weiteren Fragen widmete sich die breit angelegte interdisziplinäre TA-SWISS-Studie «Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?» unter der Leitung von Stefan Hirschberg vom Paul Scherrer-Institut (PSI). Insgesamt 32 Forscherinnen und Forscher des PSI, der ETH Zürich, der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) und des Instituts Dialogik



Editorial von Christian Wasserfallen, Nationalrat (FDP/BE) und Mitglied der UREK

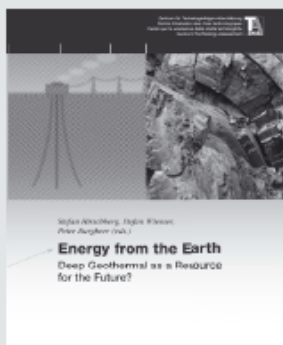
Unbekannter Untergrund

Die politischen Würfel im Bereich der Geothermie sind bereits gefallen. Die nationalrätliche Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie hat bei der Beratung der Energiestrategie die Rahmenbedingungen festgelegt: In Artikel 19 des Entwurfes zum Energiegesetz ist ein Instrument zur direkten Förderung der Geothermie vorgesehen, in Artikel 35 ist zudem eine Risikogarantie festgeschrieben, in deren Rahmen der Bund für die Projekte in Basel und St. Gallen bereits Beiträge in zweistelligen Millionenhöhe übernommen hat. Dazu kommen Forschungsabkommen mit der Internationalen Energieagentur und die explizite Unterstützung der Geothermieforschung in der Schweiz. Was bringt es also, die Geothermie, mit der wir bis jetzt eigentlich nur Kosten hatten, in irgendeiner Art weiter zu unterstützen? Problematisch ist nicht die Technologie an sich, die Schwierigkeit liegt darin, dass die Beschaffenheit des Untergrunds in der Schweiz noch weitgehend unbekannt ist. Das verunmöglicht es, aus den Erfahrungen in Basel und St. Gallen Rückschlüsse auf andere Standorte zu ziehen. Kehren wir also auf den Pfad der Tugend zurück und siedeln die Geothermie wieder im Reich der Grundlagenforschung an. Wir müssen zuerst den Untergrund kennen, bevor wir über industrielle Stromproduktion diskutieren. Die Studie von TA-SWISS gibt einen guten Überblick darüber, was hier alles noch zu tun bleibt.

untersuchten dabei die Chancen und Risiken der Tiefengeothermie. Die Analysen gehen nicht nur auf die geologischen Voraussetzungen und die technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekte der Geothermie ein, sondern befassen sich auch mit dem rechtlichen Rahmen und der gesellschaftlichen Beurteilung der neuartigen Energieproduktion.

Die Untersuchung zeigt: Die perfekte Energielösung gibt es nicht. Doch das Abwägen der Stärken und Schwächen der Tiefengeothermie liefert erste strukturierte Hinweise zur Rolle, die diese Energiequelle innerhalb des schweizerischen Energiemix in Zukunft spielen könnte.

**Die Sozialpsychologin Christina Tobler ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektverantwortliche bei TA-SWISS.*



Stefan Hirschberg, Stefan Wiemer, Peter Burgherr (eds.)

Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?

TA-SWISS, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (Hirsg.), vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 2015.

ISBN 978-3-7281-3654-1

Als eBook zum freien Download unter:
www.vdf.ethz.ch

Kurzfassung d/f/i/e online unter:
www.ta-swiss.ch



Die wichtigsten Resultate der Studie

Chancen

- Die Tiefengeothermie ist umweltfreundlich. Verglichen mit anderen Formen erneuerbarer Energie benötigt sie weniger Materialien, deren Abbau die Natur belastet, und auch der Ausstoss von CO₂ ist minimal – selbst dann, wenn nicht nur der Betrieb, sondern auch der Bau der nötigen Anlagen bei der Bilanzierung der Umweltfolgen berücksichtigt wird.
- Als eine der wenigen «neuen» erneuerbaren Energiequellen hängt die Geothermie nicht von Witterungsbedingungen ab, sondern produziert stetige und berechenbare Bandenergie. Dies fällt umso mehr ins Gewicht, als es künftig darum gehen wird, unregelmässig anfallende Stromspitzen aus anderen erneuerbaren Energiequellen auszugleichen.
- Energie aus dem Erdinnern könnte einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit der Schweiz leisten und ihre Unabhängigkeit von ausländischen Energielieferanten stärken.
- Gelingt es, die Wärme, die bei Tiefenbohrungen anfällt, aber nicht zur Stromproduktion benötigt wird, in Fernwärmenetze einzuspeisen und zu verkaufen, sind die Kosten für geothermisch erzeugte Elektrizität am Markt durchaus konkurrenzfähig und liegen gar unter jenen der meisten anderen Formen erneuerbarer Energie.

Risiken

- Es gibt zwar funktionierende petrothermale Anlagen, aber sie noch nicht sehr erprobt. Insbesondere die Aufbereitung des unterirdischen «Wärmereservoirs» ist anspruchsvoll: Damit der heisse Fels als Wärmetauscher dienen kann, muss er aufgebrochen werden, indem Wasser unter hohem Druck in die Tiefe gepresst wird. Dieser Prozess kann spürbare Erdbeben hervorrufen.
- Über die genaue Beschaffenheit des Untergrunds ist noch vieles unbekannt. Damit verbunden sind finanzielle Risiken – etwa, wenn sich herausstellt, dass ein mit grossem Aufwand untersuchter Standort doch nicht wirtschaftlich genutzt werden kann. Eine effiziente Erschliessung geothermischer Potenziale behindern auch die je nach Kanton unterschiedlichen Regulierungen.
- Obschon das öffentliche Meinungsbild neutral bis verhalten wohlwollend ist, widerspiegelt es auch eine gewisse Ambivalenz. Das deutet darauf hin, dass die allgemeine Einstellung gegenüber der Geothermie rasch kippen könnte.

Empfehlungen

- Die Erforschung des tiefen Untergrunds ist weiter voranzutreiben.
- Anhand von Pilotprojekten sollten zusätzliche Erfahrungen für den Bau und den Betrieb geothermischer Anlagen gesammelt werden.
- Der Parcours durch die kantonal unterschiedlichen Bewilligungsverfahren sollte koordiniert und harmonisiert werden.
- Es sollte erwogen werden, Konzessionen zur Exploration und Nutzung von Geothermie an die Bedingung zu knüpfen, die von den Konzessionären erhobenen geologischen Daten öffentlich zugänglich zu machen.
- Der gesamte Prozess der Planung, Standortwahl und Umsetzung von Geothermieprojekten ist eng zu begleiten, indem alle betroffenen Interessensgruppen und die Öffentlichkeit eingebunden werden. Auch gilt es, jede Etappe des Prozesses sorgfältig zu planen, fortlaufend zu überwachen und genau zu evaluieren.



«Wir können es uns nicht leisten, eine Option von vornherein auszuschliessen»

■ Mit Gunter Siddiqi sprach Christine D'Anna-Huber

TA-SWISS: Tiefengeothermie könnte einen Beitrag zur Realisierung der neuen Energiestrategie leisten. Ist nach dieser Studie die potenzielle Rolle dieser Energieform in der Schweiz klarer geworden?

Gunter Siddiqi: Die Studie zeigt, dass die tiefe Geothermie als potenzielle Energiequelle hochrelevant bleibt. Gleichzeitig wird aber auch völlig klar, dass es sich hier um eine langfristige Option handelt. Insofern bestätigt die Studie die Auffassung des BFE: Es geht hier nicht um heute oder gleich am nächsten Tag. Aber mit einem gut konzipierten Technologieentwicklungsplan, Probebohrungen zur Erkundung des Untergrundes und Pilot- und Demonstrationsprojekten stehen die Chancen gut, dass sich im Bereich der Tiefengeothermie in Zukunft etwas realisieren lässt.

Und welche Einsichten sind neu?

Neu ist insbesondere, wie sich die Geothermie in das gesamte Energiesystem einfügen könnte, insbesondere im Vergleich zu anderen neuen erneuerbaren Energien. Ob Photovoltaik, Biomasse, Wind, Geothermie: Wir verfügen in der Schweiz über eine begrenzte Anzahl von Optionen für die Realisierung der Energiewende. Wir können es uns deshalb nicht leisten, eine der Möglichkeiten zum Voraus auszuschliessen, sondern müssen versuchen, für alle optimale Rahmenbedingungen zu schaffen. Das ist es, was der Bund mit dem ersten Massnahmenpaket – eine Komponente ist das revidierte Energiegesetz, das zurzeit im Parlament beraten wird – zu machen versucht. Wie gross der Beitrag der einzelnen Energieformen dann sein wird, ob es bei der Geothermie die Szenariozahlen von 4,4 Terawattstunden sein werden, das lässt sich jetzt noch nicht sagen.

Zum Handlungsbedarf, den die Studie aufzeigt, gehört offenbar, dass man die genaue Beschaffenheit des tiefen Untergrundes in der Schweiz noch ziemlich schlecht kennt?

Das ist richtig. Es gibt in der Schweiz relativ wenig tiefe Bohrlöcher, insgesamt sind es

nur etwa 10 bis 15. Für zuverlässige Vorhersagen ist das eindeutig zu wenig. Vom technisch-wissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen, stellt die Unkenntnis des Untergrundes zurzeit die grösste Barriere dar. Auf Seite der Forschung läuft hier zwar bereits einiges. So gibt es im Rahmen des Aktionsplans für koordinierte Energieforschung des Bundes nun beispielsweise das Kompetenzzentrum für die Strombereitstellung mit einem Arbeitspaket für die Erkundung des Untergrundes. Auch das Parlament hat den Handlungsbedarf erkannt, hier hat es, mit der Motion Gutzwiller und der Motion Ricklin, ebenfalls Vorstösse gegeben, die eine aktivere Rolle des Bund bei der Erkundung des tiefen Untergrundes verlangen. Die Studie bestätigt, dass hier ein noch grösserer Effort nötig ist.

Und wie steht es mit den Risikofaktoren, insbesondere dem Erdbebenrisiko?

Die induzierte Seismizität ist ganz klar eine Begleiterscheinung der Tiefengeothermie, mit der wir umzugehen lernen müssen. Es ist deshalb sehr wichtig, dass die Studie Empfehlungen dazu ausarbeitet, wie sich die Risiken bei Tiefengeothermieprojekten auf ein akzeptables und vernünftiges Niveau reduzieren lassen. Auf Null wird das Risiko nie gesenkt werden können. Für das BFE bedeutet dies, dass hier – wie der Fall von St. Gallen im Jahr 2013 auch wieder gezeigt hat – einerseits noch ein grosser Bedarf nach Forschung und Pilotprojekten besteht, und dass wir andererseits den Kantonen dabei helfen sollten, ein Regelwerk dazu aufzustellen, welche Mindestanforderungen in Bezug auf die Risikominimierung Projektnehmer erfüllen müssen.

Sie sprechen hier einen Punkt an, den die Studie im Detail untersucht: Die Frage, wem der Untergrund eigentlich gehört und wer bestimmt, wie Grund und Boden genutzt werden.

Dass sie sich der rechtlichen Seite so genau annimmt, ist eine weitere Stärke dieser Studie. Ganz klar ist, dass die Hoheit in Bezug



Dr. Gunter Siddiqi ist stv. Sektionsleiter Energieforschung beim Bundesamt für Energie (BFE). Gunter Siddiqi hat am Imperial College in London Geologie und Tektonik studiert und darauf am geologischen Institut der ETH Zürich im Bereich der Felsmechanik geforscht. Seine Doktorarbeit hat er am Massachusetts Institute of Technology abgeschlossen und danach zwölf Jahre in der Ressourcenindustrie gearbeitet. Gunter Siddiqi war der Vorsitzende der Expertengruppe, welche die im Auftrag von TA-SWISS durchgeführte Geothermiestudie begleitet hat.

auf Bewilligung, Aufsicht und Kontrolle von Geothermieanlagen momentan bei den Kantonen liegt und so soll es auch bleiben – auch wenn es auf den ersten Blick vielleicht einleuchtender erscheinen würde, in einem kleinen Land wie der Schweiz eine einheitliche Regelung einzuführen. Aber der Bund könnte bei der Planung der Geothermie eine wichtige Rolle übernehmen und subsidiär agieren, beispielsweise durch die Schaffung einer Plattform zur Unterstützung der Kantone bei Planung, Umsetzung und Vollzug ihrer Richtlinien, Massnahmen und Verordnungen.

Das öffentliche Meinungsbild gegenüber der Geothermie ist, auch nach den Erdstössen in Basel und St. Gallen, weiterhin verhalten positiv. Wie erklären Sie das?

Die Reaktion in St. Gallen hat mich schon erstaunt. Ich glaube, dass das viel mit Transparenz und Glaubwürdigkeit zu tun hat. In St. Gallen hat ein Stadtrat, Fredy Brunner, die Verantwortung für das Projekt klar übernommen und damit das Vertrauen der Bevölkerung bewahren können. Dann werden auch Rückschläge und selbst Schäden akzeptiert und die Leute fokussieren auf das, was die Geothermie attraktiv macht: Es ist eine lokale und erneuerbare Ressource. In St. Gallen haben viele gesagt: Es gibt Probleme, aber das ist unsere Energie. Die kommt hier aus unserer Gemeinde, die gehört uns.

Eine Leber aus dem Drucker?

Von Rosmarie Waldner

Zukunft oder Science Fiction: Werden neben dem Operationstisch stehende Druckgeräte in einigen Jahren unsere beschädigten oder kranken Organe ersetzen? Wird die Maschinenindustrie durch eine neue Druckindustrie abgelöst? Drucken wir unsere Kleider zu Hause selber aus? Solche Fragen wurden am Workshop «3D-Druck: Revolution in Technik, Recht und Medizin?» erörtert, den TA-SWISS und die Stiftung Risiko-Dialog Ende August gemeinsam veranstalteten.

Die gute Nachricht zuerst: Der Hype um die alleskönnenden 3D-Drucker klingt langsam ab. Realistisch ist die industrielle Fertigung von kleinen Serien auf spezielle Kundensegmente angepasster Stücke oder Bestandteile (Brillen, Autoersatzteile oder Zahnimplantate), wie Manfred Schmid von der ETH-Kompetenzzentrum F&E inspire AG ausführte. Man kann sich einen 3D-Drucker dabei wie einen grossen Spritzsack vorstellen, der das gewünschte Material Schicht um Schicht heraus-, auf der vorherigen festdrückt und verklebt. So wachsen die von einer digital umgesetzten Druckvorlage gestalteten Schichten schliesslich zum dreidimensionalen Gegenstand heran. Kunststoff-, Holz-, Metallpulver oder organisches bzw. Zellmaterial können auf diese Weise mit passenden Klebstoffen zu allen möglichen Formen und Gegenständen verarbeitet werden.

Heute gibt es auf dem Schweizer Markt 3D-Drucker für kleinere Gegenstände schon für etwa 1500 Franken. Die Avantgarde der Industrie – dazu gehören derzeit zwei Schweizer Unternehmen – befasst sich im speziellen mit dem «Bioprinting» – einer neuartigen Medizinaltechnik. Sie entwickelt personalisierte Biomaterialien wie Zahn- und Knochenersatz oder Hautimplantate und die dazugehörigen steril arbeitenden Drucker. Hochschulen wie z. B. die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Wädenswil laborieren an geeigneten Zellkulturtechniken und Bioprinting-Projekten. Doch ganze Organe wie Leber oder Niere – physiologisch komplexe Gebilde mit Nerven und Blutgefässen – zu drucken, bleibt wohl noch für lange Zeit Zukunftsmusik.

Keineswegs zukünftig sind die rechtlichen Probleme um den 3D-Druck. Sie werden vorläufig durch herkömmliche, auf die neue Technik angewandte Gesetze geregelt: Urheberrecht, Markenschutz, Designschutz, Patentschutz, Haftpflicht, Datenschutz. Neuland sind die ethischen Fragen um das Bioprinting – Markus Christen vom Ethikzentrum der Uni Zürich fand in seiner Literaturrecherche keine einzige Publikation dazu. Offenbar betrachten die Bioethiker die 3D-Druck-Ethik aus «klassischer Warte», hergeleitet von der Problematik der Stammzellen, der Organspende, des Klonens und der Forschung am Menschen. Christen ortet jedoch neue Diskussionpunkte um Körperbild und Identität, Biopiraterie und Biohacking sowie schliesslich Transhumanismus.

Kaum ein Wort fiel am Workshop zu gesellschaftlichen Fragen: Gesundheitskosten, Arbeitsplätze, Umwelt oder Gerechtigkeit – nur für Vermögende möglich, Nord-Südgefälle? Da bleibt für TA-SWISS noch manches zu tun.

Weitere Informationen:

www.risiko-dialog.ch/stiftung/aktuelles/626-rueckblick-auf-die-lernexpedition-3d-druck

Redaktion: Christine D'Anna-Huber

Layout: Hannes Saxer, Bern

Texte: Christine D'Anna-Huber, Christina Tobler, Rosmarie Waldner, Christian Wasserfallen

Übersetzungen: Sarah Martinez

Erscheint 4 Mal jährlich

Printauflage: deutsch 3200/französisch 1100

Elektronisch: deutsch 2400/französisch 500

Herausgeber: TA-SWISS,

Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung,

Brunngasse 36, CH-3011 Bern

Tel. + 41 31 310 99 60; E-Mail info@ta-swiss.ch

Neue Publikationen von TA-SWISS

Tiefengeothermie

In vier bis fünf Kilometern unter der Erdoberfläche erreicht der Untergrund Temperaturen von bis zu 150 Grad – ein gewaltiges Energiepotenzial, das dazu ausreichen würde, ein Vielfaches des Schweizer Strom- und Wärmebedarfs zu decken. Was sind die Chancen, was die Risiken der Tiefengeothermie als Energiequelle? Auch zu seiner umfassenden Geothermiestudie legt TA-SWISS eine Kurzfassung vor, die alle wichtigen Resultate und Empfehlungen zusammenfasst.

Strom aus dem Untergrund. Kurzfassung der Studie «Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?», TA-SWISS (Hrsg.), Bern 2015, TA 62A/2015

SurPRISE

SurPRISE (Surveillance, Privacy and Security) ist der Name eines grossangelegten EU-finanzierten Forschungsprojektes, welches das Spannungsverhältnis zwischen Grundrechten und modernen Überwachungstechnologien untersucht. Im Zentrum des Interesses steht, wie die Bürgerinnen und Bürger in neun Ländern Europas auf Überwachungstechnologien reagieren. Sind sie, wie in politischen Debatten gerne unterstellt wird, wirklich bereit, für ein Mehr an Sicherheit ein Weniger an Privatsphäre in Kauf zu nehmen? Der vorliegende Bericht gibt Einblick in die Gesprächsrunden in Zürich, Grandson und Lugano, die TA-SWISS im Rahmen von SurPRISE durchgeführt hat.

Bitte lächeln, Sie werden überwacht! Bericht über drei Diskussionsforen in drei Landesteilen zum Einsatz von modernen Überwachungstechnologien in der Schweiz. TA-SWISS (Hrsg.), Bern 2014, TA-P18/2014

Bestellschein

Bitte senden Sie mir die folgenden Unterlagen (kostenlos) auf (Sprache)

... Ex. **Strom aus dem Untergrund.** Kurzfassung der TA-SWISS-Studie «Energy from the earth: Deep geothermal as a resource for the future?» (dt., franz., ital., engl.)

...Ex. **Bitte lächeln, Sie werden überwacht!** SurPRISE-Bericht (dt., franz., ital.)

Ich möchte den **TA-SWISS-Newsletter** lieber elektronisch erhalten.

Ich möchte den **Newsletter der Akademien der Wissenschaften Schweiz** (Printausgabe) abonnieren, zu deren Verbund TA-SWISS gehört.

Ich möchte das Forschungsmagazin **«Horizonte»** des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) abonnieren (Printausgabe).

E-Mail Adresse

.....

Name, Vorname

.....

Institution

.....

Strasse

.....

PLZ/Ort

.....

Bitte retour an: TA-SWISS, Brunngasse 36, 3011 Bern, Fax +41 31 310 99 61
Sie können unsere Publikationen auch per E-Mail bestellen: info@ta-swiss.ch



Ein Kompetenzzentrum der
Akademien der Wissenschaften Schweiz