



„Geothermie – unsere zukünftige Stromquelle aus der Erde?“

Vortrag zum 3. Energiegipfel am 25. März 2010
im Kultur- und Kongresshaus in Aarau

Dr. Mark Eberhard, Geologe CHGEOIcert/SIA



EBERHARD & Partner AG
Geologie • Energie • Umwelt
Förderstelle Geothermie (FSG)

www.eberhard-partner.ch

www.info-geothermie.ch

General Guisan-Str. 2, 5000 Aarau
Tel. 062 823 27 07
Fax 062 823 27 06
E-mail service@eberhard-partner.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1. SYSTEMSKIZZEN	2
2. WAS FÜR EIN GEOTHERMISCHES POTENTIAL LIEGT WELTWEIT VOR?	2
3. WO IN DER SCHWEIZ IST DER IDEALE STANDORT FÜR EIN GEOTHERMISCHES KRAFTWERK?	3
4. WAS FÜR EIN GEOTHERMISCHES POTENTIAL IST FÜR DIE SCHWEIZ ZU ERHOFFEN?	3
5. WIE KANN DIESES POTENTIAL EFFIZIENT ERSCHLOSSEN WERDEN?	3
6. MIT WAS FÜR KOSTEN BZW. RISIKEN MUSS GERECHNET WERDEN?	4
7. WIE IST DER STAND DER DINGE ZUR ZEIT IN DER SCHWEIZ?	4
8. WAS FÜR STRATEGIEN BZW. VORGEHENSWEISEN SIND IN ZUKUNFT ERWÜNSCHT?	5
9. WELCHE VORTEILE HAT DIE GEOTHERMISCHE ENERGIE FÜR UNS?	5

1. SYSTEMSKIZZEN

Ist die Geothermie – die Erdwärme – unsere zukünftige Stromquelle aus der Erde, welche im Inland beschafft und uns somit unabhängig vom Ausland und politischen Krisen macht?

Betrachten wir das uns zur Verfügung stehende Potential ein bisschen näher.

Im Erdkern liegen Temperaturen von bis zu 7'000°C vor. Die Wärme wird grösstenteils durch natürliche radioaktive Zerfallsprozesse erzeugt und mittels Materialbewegung, Wärmeleitung und Strahlung an die Oberfläche transportiert. An der Oberfläche befindet sich die aus verschiedenen Platten zusammengesetzte Erdkruste, welche unter den Kontinenten bis zu 60 km und unter den Ozeanen 10 km dick ist. Durch die Materialbewegungen werden die Platten gegeneinander und untereinander verschoben und dies erzeugt die uns bekannten Erdbeben.

Wie wird dieses Wärmepotential heute genutzt? Das heute am weitesten verbreitete System ist die indirekte Wärmenutzung mittels Wärmepumpen. Hierfür wird das Grundwasser (10 bis 12°C) angezapft oder Erdwärmesonden bis in Tiefen von 350 bis 400 m (20°C) realisiert.

Die direkte Nutzung zu Heizzwecken wird heute mit Tiefbohrungen bis 3'000 m realisiert (85 bis 100°C). Hierbei wird im Untergrund vorliegendes, heisses Grundwasser über einen Wärmetauscher direkt dem Heizsystem zugeführt. Für die Wärmenutzung zur Stromproduktion braucht es heute Temperaturen von minimal 80 - 90°C und Bohrtiefen von bis zu 3'000 bis 4'000 m. Hierbei muss allerdings Heisswasser im Untergrund vorliegen. Dieses Heisswasser wird alsdann zur Strom- und Wärmeproduktion verwendet.

Für eine effiziente Stromproduktion müssen allerdings Temperaturen von mehr als 120°C vorliegen.

Dort wo im Untergrund infolge fehlender oder unzureichender Klüftung kein heisses Grundwasser vorkommt, müssen die vorliegenden Gebirgsstrukturen stimuliert werden d.h. der unterirdische Wärmetauscher muss mittels Massnahmen wie Säuerung, Erweitern bestehender Kluftsysteme verbessert werden (Enhanced Geothermal System).

2. WAS FÜR EIN GEOTHERMISCHES POTENTIAL LIEGT WELTWEIT VOR?

Zurzeit (Stand 2008) liegt die weltweit installierte geothermische Leistung bei 10'500 MW. Die geschätzte weltweite Kapazität im Jahr 2028 liegt bei 150'000 MW (Finanz & Wirtschaft, 20.5.09).

In den USA wird mit rund 2'500 MW_e geothermaler Leistung am meisten geothermische Wärme verstromt. Aber auch in Afrika, speziell in Kenya wird auf Geothermie gesetzt. Hier werden im Rift Valley, einem grossen geologischen Grabensystem, rund 160 MW_e Strom im geothermischen Kraftwerk Olkaria erzeugt. Die hier vorliegenden tektonischen Strukturen sind den unseren im Bereich Rhein-, Rohnegraben sehr ähnlich, indem in beiden Regionen grosse Grabenbrüche vorkommen, in welchen der Wärmefluss aus dem Untergrund erhöht ist. Während die hydrothermalen Systeme im älteren Rheingraben (Deutschland) in rund 2'500 m Tiefe Temperaturen von 150°C aufweisen, liegen jene im Rift Valley in Kenya auf 3'000 m Tiefe bei 300 bis 350°C. Also eine Spur höher und somit für die Stromerzeugung geeigneter. Doch auch bei uns wurden in der Bohrung Basel in einer Tiefe von 5'000 m Temperaturen von 200°C erbohrt und der speziell in der Region

Brugg anhand von Bohrungen festgestellte hohe Wärmefluss lässt für den Kanton Aargau einiges in dieser Richtung erhoffen.

3. WO IN DER SCHWEIZ IST DER IDEALE STANDORT FÜR EIN GEOTHERMISCHES KRAFTWERK?

Auf dem Energieatlas der Schweiz (2004) lässt sich anhand der Wärmestromdichten erkennen, dass vor allem der Nordteil der Schweiz sprich Basel, Aargau, nördlicher Bereich des Kantons Zürich und die Bodenseeregion einen erhöhten Wärmefluss aufweist. Ganz speziell sticht hierbei die Region Brugg im Kanton Aargau mit einem Wärmefluss von 160 mW/m^2 hervor. Diese Aussage beruht jedoch zurzeit noch auf einzelnen tieferen Bohrungen (z.B. Schinznach Bad etc.), geologischen Strukturen und Störungsverläufen. Im Ressourcenatlas der Schweiz (2004) wird darauf hingewiesen, dass die Voraussetzungen dieser Region für die zukünftige Nutzung geothermischer Energie (Wärme- und Stromproduktion mittels stimulierter geothermischer Systeme) geeignet erscheint. Insgesamt lässt die Datendichte in der Schweiz jedoch noch zu wünschen übrig.

4. WAS FÜR EIN GEOTHERMISCHES POTENTIAL IST FÜR DIE SCHWEIZ ZU ERHOFFEN?

Eine Studie des PSI im Jahr 2005 hat ergeben, dass das theoretische geothermische Potential in der Schweiz in 3 bis 7 km Tiefe mit rund 16 Mio TWh_{th} veranschlagt werden kann. Der Gewinnungsfaktor ist hierbei 4% und der Wirkungsgrad hiervon 10%. Es resultieren somit $64'000 \text{ TWh}_e$. Der Stromverbrauch in der Schweiz beträgt pro Jahr 59 TWh_e . Gemäss Angaben der AXPO produzieren 2 Kernkraftwerke zusammen rund 17 TWh_e pro Jahr. Es resultieren Stromgestehungskosten von 7 bis 15 Rp. pro kWh. Ein Potentialvergleich mit anderen alternativen Stromerzeugern wie Kleinwasserkraftwerken, Biogas, feste Biomasse, Wind und Photovoltaik nach 2050 zeigt, dass das geothermische Potential mit Abstand die höchste Stromproduktion erzeugen könnte (rund 18 TWh_e). Dieses Potential ist jedoch heute technisch noch nicht gesichert. Die Geothermie liefert jedoch im Gegensatz zu allen anderen alternativen Stromerzeugern Bandenergie.

5. WIE KANN DIESES POTENTIAL EFFIZIENT ERSCHLOSSEN WERDEN?

Mit der heute verfügbaren Technologie gilt als technisch machbare Grenze eine Bohrtiefe für Geothermiebohrungen von 10 km (Tester 2006).

Die Begrenzung des Potentials liegt somit nicht bei der Ressource, sondern bei der Wirtschaftlichkeit der Technik, mit welcher die Energie an die Oberfläche gebracht und in nutzbare Energie umgewandelt wird.

6. MIT WAS FÜR KOSTEN BZW. RISIKEN MUSS GERECHNET WERDEN?

Bei der Erstellung eines geothermischen Kraftwerks muss für die Bohrkosten mit rund $\frac{3}{4}$ der Gesamtkosten gerechnet werden. Die übrigen Kosten entfallen auf die oberirdischen Kraftwerksanlagen.

Insgesamt ist für die Erstellung eines geothermischen Kraftwerks von der Realisierungsidee bis zur Produktionsreife mit Kosten in der Grössenordnung von 150 - 200 Millionen CHF zu rechnen. Das gescheiterte Projekt in Basel hat bis zur Einstellung der Arbeiten im Jahr 2006 55 Millionen gekostet. Hierbei wurde die erste Bohrung fertig erstellt.

Bei den Tiefbohrungen lassen sich die Kosten auf die Anzahl benötigter Bohrtage abschätzen, wobei sich die Tagesraten einer Bohranlage ungefähr aus den Kosten der Gerätschaften und den Personalkosten zusammensetzen. Eine Anlage wie diejenige in Basel beschäftigt vor Ort im Rundumbetrieb ein Tages- und ein Nachtteam von 30 bis 40 Personen.

Eine schon im Jahre 1999 verfasste Studie von der ETH Lausanne kommt zum Schluss, dass die energetische Amortisationszeit bei ausschliesslicher Stromproduktion 3.2 Jahre beträgt. Wird bei einer solchen Anlage die Restwärme noch zusätzlich genutzt, verringert sich die Amortisationszeit noch weiter.

Das grösste Risiko bei der Erschliessung des geothermischen Potentials ist, dass an keinem Standort die Gegebenheiten im Untergrund genauer bekannt sind.

Die wichtigsten Parameter für eine erfolgreiche Nutzung des geothermischen Potentials sind die Temperatur, der Gesteinstyp, die natürliche Durchlässigkeit bzw. die Klüftung, der hydraulische Druck, die chemische Zusammensetzung der Fluide und die Spannungsverhältnisse im Gesteinsverband.

Einer Grobbeurteilung von der Oberfläche aus muss zwingendermassen eine Probebohrung folgen. Eine definitive Aussage ob und in welchem Masse eine Produktion möglich ist, kann sogar erst nach den Zirkulations- bzw. Produktionstests gemacht werden. Hierzu sind jedoch mindestens zwei Bohrungen notwendig.

7. WIE IST DER STAND DER DINGE ZURZEIT IN DER SCHWEIZ?

In der Schweiz gibt es heute noch kein geothermisches Kraftwerk. Die Geothermie wird heute noch ausschliesslich zur Wärmenutzung verwendet. Einzelne Versuche zur Stromproduktion sind gescheitert (Basel, Triemli-ZH) oder sind erst in der Abklärungsphase in Form von regionalen Machbarkeits- oder Projektstudien wie Genf, St. Gallen, Frauenfeld, oder Bern.

In Bern erstellt unsere Firma in einer Arbeitsgemeinschaft mit anderen Firmen für die Elektrizitätswerke Bern (ewb) zur Zeit eine Machbarkeitsstudie, welche abklären soll, wo das Potential in der Umgebung von Bern am grössten ist und ob dieses mit vernünftigem Aufwand zur Stromproduktion genutzt werden kann.

8. WAS FÜR STRATEGIEN BZW. VORGEHENSWEISEN SIND IN ZUKUNFT ERWÜNSCHT?

Zurzeit existiert in der Schweiz kein systematisches Vorgehen was die Erschliessung des geothermischen Potentials anbetrifft.

Die geplanten bzw. bis jetzt vorliegenden Projekte sind an motivierte potente Auftraggeber und Projektentwickler gebunden. Das Knowhow ist dezentral verteilt und es findet nur wenig Austausch statt. Hierdurch bedingt entwickeln sich die Projekte nur sehr langsam.

Für eine effiziente Erschliessung des riesigen geothermischen Potentials ist eine kantonsübergreifende Explorationsgesellschaft von Vorteil. Diese könnte sich aus diversen Elektrizitätsunternehmen unter Mitbeteiligung des Bundes, der Kantone, Gemeinden, weiterer Firmen und Hochschulen zusammensetzen. Die Explorationsgesellschaft müsste in der Folge in einem ersten Schritt eine systematische Analyse der bestehenden Daten hinsichtlich geeigneter Gesteine, tektonischer Strukturen und ermittelter Wärmegradienten im Untergrund veranlassen. In einem zweiten Schritt würden die optimalen Standorte aufgezeigt und in einem dritten Schritt würden in den ausgeschiedenen Standorten Probebohrungen und Tests durchgeführt.

9. WELCHE VORTEILE HAT DIE GEOTHERMISCHE ENERGIE FÜR UNS?

Der wichtigste Vorteil der Geothermie gegenüber allen anderen erneuerbaren Energien ist, dass die Ressource ohne Speicherung ununterbrochen d.h. unabhängig von der Tages- und Jahreszeit, von klimatischen und wetterbeeinflussten Bedingungen immer zuverlässig zur Verfügung steht und nach Bedarf und nicht nach Angebot geliefert werden kann. Mit der Geothermie wird somit Bandenergie geliefert.

Zusätzlich ist die Energie heimisch, lange Transportwege entfallen, sie ist keinem grenzüberschreitenden Handel unterworfen und kann losgelöst von politischen Krisen immer geliefert werden.

Die geothermische Energie ist CO₂-frei, sie ist nachhaltig, d.h. es resultiert keine Verknappung für nachfolgende Generationen und sie ist platzsparend.