

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 133 (2007)
Heft: 11: Energie aus der Tiefe

Artikel: Gedämpfte Hoffnungen
Autor: Würsten, Felix
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108089>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.03.2025

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

GEDÄMPFTE HOFFNUNGEN



01

Titelbild

Dreirollenmeissel für tiefe Bohrungen
(Bild: Andreas Macek)

01 Gelände des Pilotkraftwerkes in Kleinhüningen bei Basel. Der Bohrturm wurde mittlerweile abgebaut
(Bild: Geopower-Basel AG)

02 Schematische Darstellung eines Kraftwerkes nach dem Hot-Fractured-Rock-Verfahren. Die Ausmasse der Gebäude entsprechen nicht den Originalgrößenverhältnissen (Bild: Geopower-Basel AG)

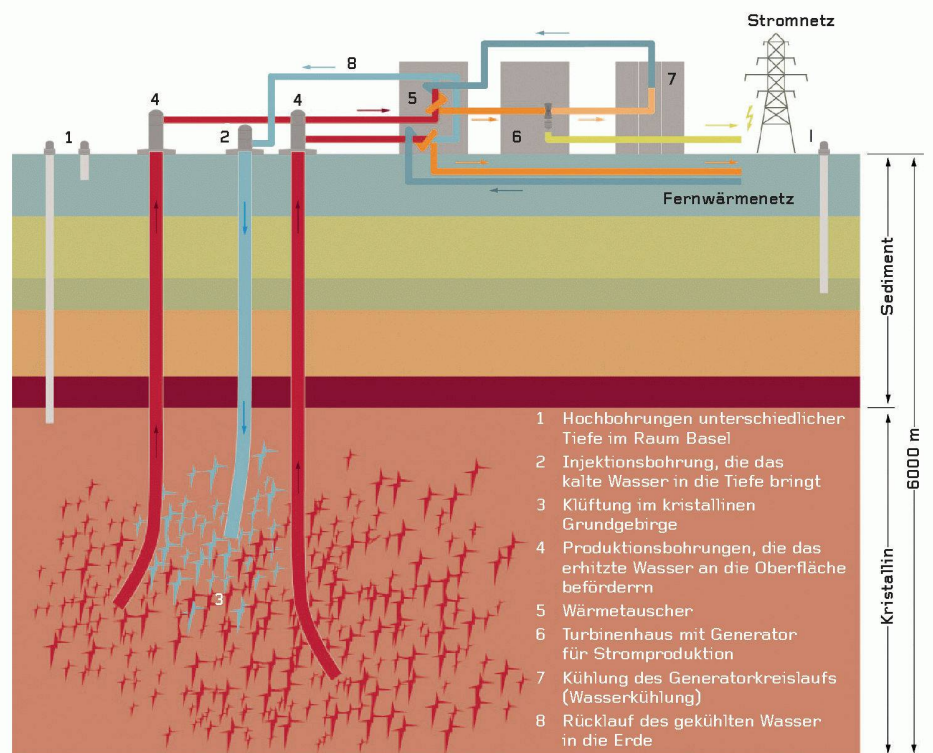
Die Stromproduktion aus Erdwärme scheint eine vielversprechende Option für die Zukunft zu sein. Mit einem Pilotprojekt soll in Basel die prinzipielle Machbarkeit eines Geothermiekraftwerkes demonstriert werden. Nachdem die Stimulation des Gesteins unerwartet starke Erdbeben ausgelöst hatte, geriet das Projekt im letzten Dezember in Schieflage.

Es war kurz vor sechs Uhr abends, als am 8. Dezember 2006 die Region Basel von einem Erdbeben erschüttert wurde. Ausgelöst wurde das Ereignis, das auf der Richterskala eine Stärke von 3.4 erreichte, durch die Arbeiten auf der Baustelle des ersten Geothermiekraftwerkes der Schweiz in Kleinhüningen. Das Beben erschreckte nicht nur die Bevölkerung, sondern versetzte auch den Hoffnungen, in der Schweiz könne in absehbarer Zeit Strom aus Erdwärme erzeugt werden, einen argen Dämpfer. Ob und in welcher Form die Pilotanlage in Basel realisiert werden kann, ist zurzeit noch unklar. Das Projekt wurde sistiert, nachdem sich am 6. und 16. Januar sowie am 3. Februar 2007 noch weitere Erdstöße mit einer Magnitude von mehr als 3 ereignet hatten. Der Bohrturm auf der Baustelle ist inzwischen demontiert, die Arbeiten sind weitgehend eingestellt. Die Basler Regierung will in den nächsten Monaten mit einer Risikoanalyse abklären, in welcher Form das Projekt weitergeführt werden kann.

Dabei vertiefte eigentlich zunächst alles nach Plan. Mit dem sogenannten Hot-Fractured-Rock-Verfahren (HFR) schien man über eine weitgehend risikofreie Technik zu verfügen, mit der auch in Regionen ohne aktiven Vulkanismus Erdwärme zur Stromproduktion genutzt werden kann. Während in verschiedenen Ländern mit aktiven Vulkanen – beispielsweise Italien, Indonesien, Costa Rica, Mexiko oder Island – schon heute Strom aus Erdwärme produziert wird (Tabelle 6), beschränkt sich die Nutzung der Geothermie in Mitteleuropa bisher auf die Warmwassergewinnung. Die Idee des HFR-Verfahrens ist es, Bohrungen in rund 5000 Meter Tiefe abzuteufen und damit in Gesteinsschichten vorzustossen, die für eine Stromproduktion genügend heiss sind. Durch das Einpressen von Wasser wird das vorhandene Kluftsystem des Gesteins erweitert, um dann einen Wasserkreislauf in Betrieb nehmen zu können: Wasser wird durch ein Bohrloch in die Tiefe gepumpt. Dort strömt es durch den Fels, heizt sich auf rund 200 °C auf und wird anschliessend durch weitere Bohrlöcher wieder an die Erdoberfläche gepumpt, wo es zur Strom- und Wärme-Produktion genutzt wird.

VIELE VORTEILE

Die Vorteile eines solchen geothermischen Kraftwerkes liegen auf der Hand: Es braucht nur wenig Platz auf der Erdoberfläche, beeinträchtigt das Landschaftsbild nicht, produziert keine Abfälle oder Abgase und basiert auf einer beinahe unbegrenzt verfügbaren Energiequelle. Die Anlage in Basel beispielsweise ist so konzipiert, dass das durchströmte Gestein während mindestens 30 Jahren genügend Wärme liefern sollte, erklärt Thomas Mégel von der Firma Geowatt in Zürich. Danach müssten die Bohrlöcher versetzt werden, damit sich die Temperatur im abgekühlten Fels in den nächsten rund 60 Jahren wieder regenerieren kann. Ein wichtiger Vorteil der tiefen Geothermie ist schliesslich, dass sie – im Gegensatz etwa zur Wind- oder Sonnenenergie – Band-



02

energie liefert, also zu jeder Tages- und Jahreszeit zur Verfügung steht. Die erwarteten Produktionskosten bewegen sich dabei auf einem durchaus konkurrenzfähigen Niveau. Die Initianten des Basler Projekts rechnen mit Gesteungskosten von 15–25 Rp./kWh bei einer Amortisationszeit von 25 Jahren. Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) kommt in der kürzlich veröffentlichten Studie «Road Map Erneuerbare Energien Schweiz» zum Schluss, dass in der Schweiz im Jahr 2050 2.1 TWh Strom aus der tiefen Geothermie erzeugt werden könnten (Tabelle 6), im Endausbau jährlich bis zu 6.9 TWh. Letzteres entspricht ungefähr der Produktion eines der grösseren Schweizer Kernkraftwerke.

Trotz der unbestrittenen Vorteile ist gegenwärtig schwer abschätzbar, ob sich die tiefe Geothermie neben anderen erneuerbaren Energiequellen als Standardtechnologie etablieren kann. Obwohl Erdwärme prinzipiell überall verfügbar ist, ist der Bau von HFR-Anlagen längst nicht überall möglich. Besonders geeignet sind aus geologischer Sicht Regionen mit einem hohen Energiefluss. Das ist im Jurabogen von Genf bis Schaffhausen der Fall und auch entlang des Mittellandes, in den Zentralalpen und im Südtessin. Eine derzeit laufende Studie untersucht diese Regionen nun detaillierter (siehe Kasten S. 20). Dass die Pilotanlage just in Basel gebaut werden soll, ist also kein Zufall: Die Region befindet sich am südlichen Rand des Rheintalgrabens, der einen besonders hohen Erdwärmefluss aufweist. Da der Wirkungsgrad der Stromerzeugung mit etwa 15% sehr niedrig ist, ist das bestehende Fernwärmenetz in Basel eine weitere wichtige Bedingung für die kommerzielle Nutzung der Geothermie.

TEURE PILOTANLAGE

Ein zweiter kritischer Punkt ist, dass sich die Machbarkeit eines Geothermiekraftwerkes nicht mit kleinen Versuchsanlagen demonstrieren lässt. Die Pilotanlage in Basel beispielsweise ist für eine Leistung von 6 MW (Strom) bzw. 17 MW (Wärme) ausgelegt und soll im Betrieb jährlich 31000 MWh Strom und 48000 MWh Wärme liefern. Das entspricht dem Strombedarf von rund

ZWEITES PROJEKT IN GENÈVE SISTIERT

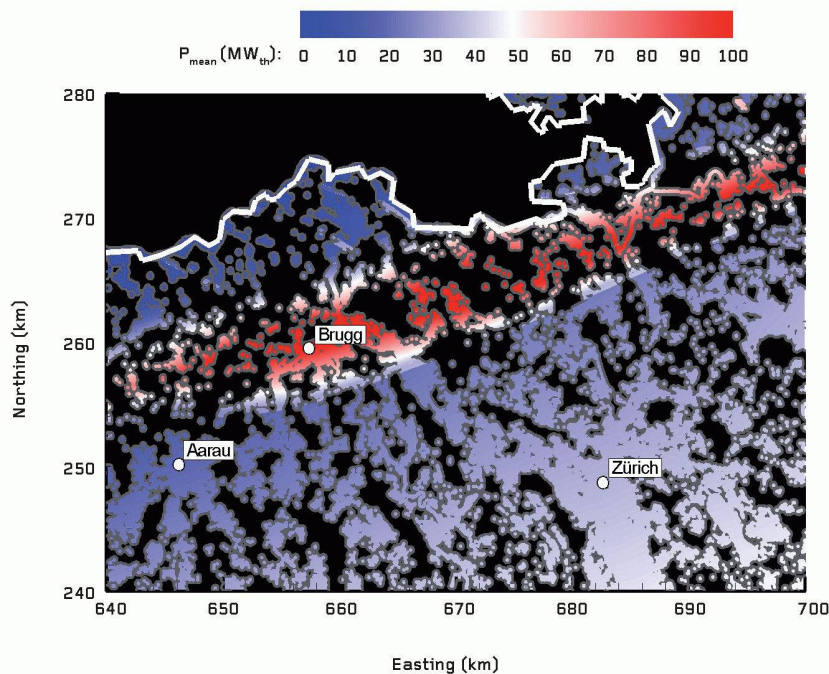
(sda/cc) Neben dem Projekt in Basel wurde 1998 auch in Genf mit der Suche nach einem geeigneten Standort für ein Geothermiekraftwerk begonnen. Als Reaktion auf die Erdbeben in Basel legten die Genfer Industriebetriebe (SIG) dieses Projekt allerdings nun auf Eis. Sie wollen zunächst den Untersuchungsbericht aus Basel abwarten. Das Projekt sei nicht in Frage gestellt, sagte SIG-Sprecherin Christine Ley. Doch zeigten die Vorfälle in Basel, dass noch einige Fragen offen seien. Das Genfer Projekt wird von den SIG, dem Kantonalen Amt für Energie sowie von der Firma Geopower getragen und steht erst ganz am Anfang. Der bisher genannte Standort Aire 4 km westlich von der Genfer Innenstadt sei noch nicht definitiv, sagte Ley.

GEOTHERMISCHES POTENZIAL

(cc) Welche Standorte in der Schweiz sich für die Errichtung eines geothermischen Kraftwerkes besonders eignen, wird derzeit im Rahmen einer Studie untersucht. Als erste Region wurde die Nordschweiz unter die Lupe genommen. Die nebenstehende Karte ist das Ergebnis dieser Untersuchung. Dargestellt ist die theoretisch nutzbare thermische Leistung in der obersten Schicht des kristallinen Gesteins, das je nach Aufbau des Untergrundes in einer Tiefe von 0 bis etwa 6000 m liegt. Hohe geothermische Leistungen (rot) werden dort erreicht, wo das Gestein einerseits hohe Temperaturen aufweist und andererseits eine hohe hydraulische Leitfähigkeit, damit die Erdwärme mittels Wasserzirkulation entzogen werden kann.

Neben dem geeigneten Untergrund sind weitere Gegebenheiten für den Bau eines Geothermiekraftwerkes sinnvoll, wie die Verfügbarkeit von Kühlwasser für die Stromproduktion sowie geeignete Abnehmer für die anfallende Abwärme. Daher wurde die Karte zur thermischen Leistung mit Daten zur Oberflächenutzung verschnitten. Alle Gebiete auf der Karte, die nicht schwarz sind, liegen maximal 500 m entfernt von einem Oberflächengewässer (Kühlung) und maximal 200 m entfernt von Gebäuden (Wärmeabnehmer). Gute Bedingungen für den Bau von Geothermiekraftwerken in der Nordschweiz bietet demnach die Region Baden - Brugg.

In den kommenden Jahren wird diese Ressourcenanalyse für weitere Regionen der Schweiz durchgeführt.



03 Geothermische Ressourcen in der Nordschweiz (Bild: Geowatt AG)

10000 Haushalten und dem Wärmebedarf von rund 2700 Haushalten. Dementsprechend sind auch die Investitionskosten alles andere als bescheiden. Die Firma Geopower Basel, welche die Pilotanlage in Kleinhüningen realisiert, hat bis jetzt 56 Millionen Franken investiert. Sie rechnet damit, dass sich die Investitionskosten insgesamt auf 108 Millionen Franken belaufen werden. Risikoreich ist aus Sicht der Investoren, dass es bei der Realisierung zu kostspieligen Fehlbohrungen kommen kann. So musste beispielsweise 1999 eine erste Sondierbohrung für das Basler Projekt abgebrochen werden. Auch der jetzige Unterbruch dürfte nach Angaben von René Kindhauser, Kommunikationsbeauftragter von Geopower, Zusatzkosten von mehreren Millionen verursachen.

Abschreckend ist für mögliche Investoren zudem, dass die technische Machbarkeit eines HFR-Kraftwerkes noch nicht restlos geklärt ist. Zwar gibt es im französischen Soultz-sous-Forêts ein europäisches Projekt, das bereits weit fortgeschritten ist und bei dem – wenn alles nach Plan läuft – dieses Jahr mit der Stromproduktion begonnen werden kann. Ob die dort gemachten Erfahrungen sich ohne Weiteres auf andere Standorte übertragen lassen, ist aber noch unklar.

Kraftwerkstyp	Installierte Leistung (GW _{el})	Stromproduktion (TWh/a)
Geothermie	8.9	57
Wind	47.9	74–88
Sonnenenergie (PV)	2.6	2–3
Biomasse	47.8	190–300
Wasserkraft	750	2804
Total	857.2	3127–3252

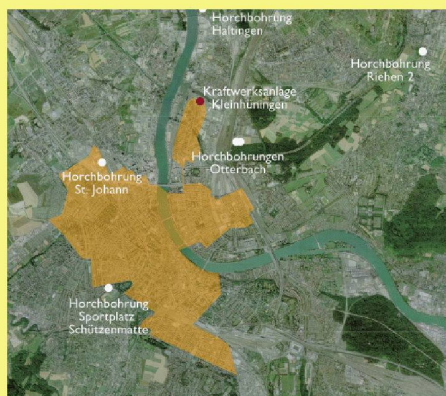
04 Weltweite Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen im Jahr 2005
(Quelle: Martin Kaltschmitt, 2006)

Land	Installierte Leistung (MW _{el})	Stromproduktion (GWh/a)
USA	2564	17917
Philippinen	1930	9253
Mexiko	953	6282
Indonesien	797	6085
Italien	791	5340
Japan	535	3467
Neuseeland	435	2774
Island	202	1406
Costa Rica	163	1145
El Salvador	151	967
Kenia	129	1088
weitere	283	1062
Total	8933	56786

05 Weltweite Stromproduktion aus Geothermie im Jahr 2005
(Quelle: Ruggero Bertani, 2006)

	Wärme	Strom
Energieproduktion (TWh)	2.4	2.1
Installierte Anlagen	Total 20	
Investitionskosten (Fr./kW)	2500	3500
Betriebskosten (Rp./kWh)	3.3	4.3
Gestehungskosten (Rp./kWh)	5.4	6.3

06 Technisch nutzbares Potenzial der tiefen Geothermie für das Jahr 2050. Angenommen wird, dass je fünf Anlagen mit einer Leistung von 40 MW nur Wärme oder nur Strom und zehn Anlagen Wärme und Strom kombiniert mit einer Leistung von 50 MW produzieren
(Quelle: Road Map Erneuerbare Energien Schweiz, SATW 2006)



07

STIMULATIONSVERSUCHE ALS TECHNISCHE HÜRDE

Die grosse technische Herausforderung beim HFR-Verfahren ist, dass das Wasser in 5000 m Tiefe nicht ohne Weiteres durch das Gestein strömen kann. Aus diesem Grund muss der Fels zwischen den Bohrlöchern künstlich durchlässig gemacht werden. Dies geschieht, indem Wasser mit hohem Druck in die Bohrlöcher gepresst wird. Dadurch, so die Idee, werden in der Tiefe bereits bestehende Klüfte geöffnet und die Durchlässigkeit des Gesteins erhöht.

Genau an diesem Punkt war man Anfang Dezember in Basel angelangt. Am 2. Dezember wurde in Kleinmünchen mit den Einpressversuchen begonnen. Vorgesehen war, das Gestein während maximal 21 Tagen zu stimulieren. 50 000 m³ Wasser sollten in den Untergrund gepresst werden. Wie erwartet nahm die mikroseismische Aktivität rund um das Bohrloch mit zunehmendem Wasserdruck zu. Als am 8. Dezember um vier Uhr früh ein seismisches Ereignis mit der Magnitude 2.7 registriert wurde, reduzierten die Betreiber die Fliessrate zunächst. Später stellten sie die Wasserzufuhr ganz ein und öffneten die Bohrung, sodass das Wasser wieder auslaufen konnte. Bis am 6. Januar lief von den ursprünglich injizierten 11 500 l ein Drittel wieder aus.

Die überraschend starken Erschütterungen haben das Projekt in Basel nun in Schieflage gebracht. Dass es zu spürbaren Erschütterungen kommen wird, habe man erwartet, betont Geopower. Beim Projekt in Soultz-sous-Forêts etwa wurden Erdstösse bis zu einer Magnitude von 2.9 registriert. Dennoch geriet die Firma in die Kritik. Die Kommunikation der möglichen Risiken sei mangelhaft gewesen, kritisierte etwa der Schweizerische Erdbebendienst, der die Arbeiten seismisch überwacht. Aufgeworfen wurde auch die Frage, ob das Risiko vertretbar sei, in einer dicht besiedelten Region, in der sich potenziell schwere Erdbeben ereignen könnten, die Klüftung der Gesteine und damit den Spannungszustand des Untergrundes zu beeinflussen.

Die Firma Geopower wiederum hält ihren Kritikern entgegen, die Stimulation des Untergrundes sei prinzipiell keine neue Technik, sondern werde beispielsweise von der Erdölindustrie routinemässig eingesetzt, um die Durchlässigkeit der rohstoffhaltigen Schichten zu verbessern. Auch wenn das Verfahren in diesen Fällen nicht genau gleich sei wie dasjenige, das man nun in Basel angewendet habe, seien die dort gewonnenen Erkenntnisse doch anwendbar. Weltweit gebe es kein einziges Beispiel dafür, dass durch eine Stimulation des Untergrundes Erdbeben ausgelöst werden, die signifikante Schäden verursachen.

NICHT GENÜGEND ERFORSCHT

Tatsache ist, dass die bisherige Stimulation noch nicht ausreichend ist, um eine HFR-Anlage zu betreiben. Sollte das Projekt in Basel weiterverfolgt werden, wird eine erneute Injektion von Wasser nötig sein, um die Durchlässigkeit des Gesteins zu erhöhen. Nach Ansicht von verschiedenen Experten, die nach dem Vorfall vom 8. Dezember zum Projekt in Basel Stellung genommen haben, sollte aufgrund der nun gemachten Erfahrungen das Konzept der Anlage nochmals überdacht werden. Dem Projekt, so bemängelte etwa Keith Evans vom Geologischen Institut der ETH Zürich, fehle es an wissenschaftlichem Input. Nach Ansicht der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG) rächt es sich nun, dass in der Schweiz die Nutzung der tiefen Erdwärme nicht umfassend erforscht wird. Man wisse heute noch nicht genügend gut, wie man das Gestein in derart grosser Tiefe durchlässig machen könne, erklärt Geschäftsführer Roland Wyss. Auch über die möglichen Risiken wisse man noch zu wenig. Dass der Bau eines «Durchlauferhitzers» tief in der Erde keine einfache Angelegenheit ist, zeigt sich auch beim Projekt in Soultz-sous-Forêts. Die Durchflussraten, die man dort inzwischen erreicht, sind nicht so hoch, wie man sich ursprünglich erhofft hatte. Die SVG forderte deshalb Mitte Januar, dass umgehend ein Nationales Forschungsprogramm zur tiefen Geothermie lanciert wird.

07 Standorte des Pilotkraftwerkes in Kleinmünchen sowie der Horchbohrungen, von denen aus mit Geofonen die Erweiterung des Klufsystems geortet werden kann. Hellbraun markiert ist das Versorgungsgebiet des Basler Fernwärmenetzes, in das die Abwärme eingespeist werden soll (Bild: Geopower-Basel AG)

Felix Würsten, Wissenschaftsjournalist, mail@felix-wuersten.ch

Weitere Informationen:
www.geopower-basel.ch
www.bd.bs.ch/geothermie
www.seismo.ethz.ch/base1