

Unerschöpfliche Erdwärme

Eine unterschätzte Primärenergiequelle

Von Markus O. Häring*

Im Rahmen der Energiedebatte zu einer ökologischen Steuerreform wird eine starke Förderung erneuerbarer Energieträger verlangt. Dabei stehen häufig die Entwicklung und Förderung von Solaranlagen im Vordergrund. Dass die Geothermie aber einen weitaus grösseren Beitrag zur CO₂-Reduktion beigetragen hat und energetisch auch in Zukunft wesentlich mehr beitragen wird, geht in diesen Debatten meist vergessen. Der folgende Artikel ist ein Plädoyer für eine unauffällige, sanfte Energieform, die alle Kriterien für eine nachhaltige und ökologische Versorgung erfüllt und selbst bei niedrigen Energiepreisen an der Schwelle der Wirtschaftlichkeit steht.

Gegenwärtig liefern geothermische Kraftwerke bloss 1% des Weltenergiebedarfs. Dies scheint wenig, doch ein Vergleich mit Wind-, Sonnen- und Gezeiten-Anlagen zeigt, dass dies mindestens viermal mehr ist, als der Beitrag der genannten anderen erneuerbaren Energien zusammengenommen (siehe Graphik). Tausende zusätzlicher Megawatts könnten bereits von bekannten geothermischen Heisswasser-Vorkommen gewonnen werden. Langfristig wird Geothermie jedoch nicht auf diese Vorkommen beschränkt sein. Die Hot-Dry-Rock-Technologie (siehe Kasten) ist dem Experimentierstadium entwachsen und steht an der Schwelle zur Anwendung. Das vom Bundesamt für Energie initiierte Hot-Dry-Rock-Projekt unter dem Namen «Deep Heat Mining» sieht erste Standortuntersuchungen im kommenden Jahr vor, gefolgt von Tiefbohrungen zur Reservoirerschliessung ab dem Jahr 2000. Bei Erfolg kann mit der Produktion von Wärme und Strom ab 2006 gerechnet werden. Bei positiven Ergebnissen sind kommerzielle Hot-Dry-Rock-Anlagen ab diesem Zeitpunkt denkbar, da auch international an dieser Technologie gearbeitet wird. Hot-Dry-Rock-Vorkommen gibt es in 5 bis 10 Kilometern Tiefe praktisch überall auf der Welt. Gemäss einer Analyse der «Financial Times» (FT Energy World, Jan. 98) übertrifft die weltweite Hot-Dry-Rock-Energiereserve mit 1.1×10^{34} Joules die fossilen Reserven (Kohle, Gas, Öl), die auf bloss 3.8×10^{32} Joules geschätzt werden, um das rund 30fache. Auch in der Schweiz birgt der mit heutigen Mitteln erschliessbare Untergrund Reserven, welche den gesamten Energiebedarf nachhaltig sichern können. Die Beschränkung liegt nicht bei der vorhandenen Erdwärmemenge, sondern bei der Wirtschaftlichkeit der Erschliessungstechnik. Erdwärme ist auch in der Schweiz eine nach menschlichem Ermessen unerschöpfliche Ressource.

Umweltgerechte Methoden der Gewinnung von Erdwärme (Kasten 1) basieren auf geschlossenen Kreisläufen, welche dem Boden keine Stoffe, sondern

nur Wärme entziehen. Bei den Erdwärmesonden entsteht überhaupt kein Materialaustausch mit dem Erdreich. Bei hydrothermalen Systemen und dem Hot-Dry-Rock-Verfahren werden geförderte Flüssigkeiten ohne Phasenänderung nach dem Wärmeentzug in den Untergrund zurückgeführt. Sie unterscheiden sich damit von klassischen geothermischen Kraftwerken, welche überhitzten Grundwasserreservoirs Dampf entziehen. Der Wärmeentzug ist ein rein physikalischer Prozess, bei dem keine neuen chemischen Verbindungen, insbesondere kein CO₂, produziert werden.

Jederzeit verfügbar

Erdwärme steht jederzeit zur Verfügung und unterscheidet sich somit fundamental von den bekannteren erneuerbaren Energiequellen wie Sonne, Wind und Gezeiten. Erdwärme kann Tag und Nacht, Sommer und Winter, bei Sonne und Regen gleichsam genutzt werden. Dies ist ein Vorteil, den kein anderer Energieträger ohne teure Speicherung bieten kann. Die

Erdwärmennutzung in der Schweiz

Schon jetzt befindet sich die Schweiz nach Island, Neuseeland, Ungarn und Griechenland an fünfter Stelle im geothermischen Leistungsangebot pro Kopf der Bevölkerung. Dies mag erstaunen, da in den vorgenannten Ländern besonders günstige geothermische Verhältnisse herrschen und in der Schweiz nicht. Grund für diese Position sind die über 20 000 installierten Erdwärmesonden – weltweit die höchste Dichte. Das ist eine nicht zu unterschätzende Pionierleistung auf dem Gebiet der aktiven CO₂-Reduktion. Diese Leistung ist einer grossen Zahl umweltbewusster Hausbesitzer zu verdanken, die bereit waren, in den Anfängen dieser Technologie ein bisschen mehr für ihre Wärmeversorgung zu bezahlen. Heute sind Erdwärmesonden-gekoppelte Wärmepumpenheizungen trotz niedrigen Energiepreisen wettbewerbsfähig.

* Der Autor ist Leiter des vom Bundesamt für Energie initiierten Projektes zum Bau einer Hot-Dry-Rock-Anlage in der Schweiz.

Versorgung kann sich vollständig nach dem Bedarf orientieren, d. h. geothermische Energiegewinnungsanlagen sind regulierbar und können beliebig an- und abgeschaltet werden. Deshalb eignet sich die Erdwärme nicht nur zur Bereitstellung von Bandenergie, sondern kann selbst zur Deckung von Spitzen zum Einsatz kommen. Geothermische Energie bedarf keiner Speicherung, die Erde ist der Speicher. Bei fast allen andern, sowohl fossilen wie erneuerbaren Energiequellen sind Zwischenspeicher und Lager notwendig.

Da Erdwärme an fast jedem Punkt der Erde in irgendwelcher Form genutzt werden kann, entfallen lange Transportwege. Transportdistanzen wie für Erdöl und Erdgas oder auch Elektrizität gibt es nicht zu überwinden. Dies ist eine wichtige Forderung an nachhaltige Energiesysteme. Eine dezentrale Energieversorgung ist möglich. Damit steigert sich natürlich auch der Anteil an eigenständiger Versorgung, was vor allem in Ländern ohne fossile Ressourcen – wie in der Schweiz – von Bedeutung ist. – Ein Grund für die geringe Beachtung der Geothermie liegt in ihrer Verborgenheit. Nur spektakuläre Vulkanausbrüche und spei-

ende Geysire an bestimmten Orten der Erde lassen das Potenzial bisweilen erahnen. Doch sonst können wir die Erdwärme mit keinem Sinnesorgan feststellen, ganz im Gegenteil zur Wirkung der Sonne, des Wassers und des Windes. Der Gebrauch von Erdwärme entzieht keine von einem biologischen Prozess benötigte Energie. Bis in eine Tiefe von rund zwanzig Metern wird die Bodentemperatur durch die Sonneneinstrahlung und die mittlere Temperatur der Klimazone dominiert. Das Pflanzenwachstum wird vollständig von diesen Einflüssen bestimmt. Abkühlungserscheinungen an der Oberfläche finden wegen der Erdwärmenutzung selbst unter extremen Bedingungen nicht statt.

Geringer Platzbedarf

Der Platzbedarf geothermischer Anlagen ist gering. Bei kleinen Anlagen wie Erdwärmesonden ist von den Bohrungen nicht mehr als ein Schachtdeckel zu sehen. Am andern Ende der Skala, bei den Hot-Dry-Rock-Anlagen, ist von den Bohrungen auch nur ein Anschluss an der Oberfläche zu sehen. Die Stromerzeugungsanlagen entsprechen denjenigen thermischer Kraftwerke gleicher Leistung. Der Landverbrauch pro nutzbare Energieeinheit ist für geothermische Energienutzung bei 1 ha pro MWe um mindestens einen Faktor 10 geringer als für andere erneuerbare Energien.

Die Zukunft der Energieversorgung wird durch einen sinkenden Anteil fossiler Brennstoffe geprägt sein. Selbst massive Energieeinsparungen in den industrialisierten Ländern werden den steigenden Energiehunger in den Entwicklungsländern nicht kompensieren können. Die absehbare Versorgungslücke wird zum Teil mit erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden, der Energiemix wird sich insgesamt vergrößern. Alle erneuerbaren Energien haben deshalb eine Chance, ihre Nische zu finden, solange sie am Markt orientiert sind. Gefördert werden soll die Entwicklung der Technologie. Die Hot-Dry-Rock-Technologie braucht zurzeit diese Förderung noch, doch ist absehbar, dass marktnahe Verhältnisse um Jahre früher erreicht werden können als bei den andern erneuerbaren Energiequellen.

In der Schweiz wird CO₂ hauptsächlich durch den Verkehr und die Wärmeproduktion erzeugt. Die Stromproduktion erfolgt zumindest hierzulande weitgehend CO₂-frei mit Wasserkraft und Kernenergie. Wenn also jene erneuerbaren Energien gefördert werden sollen, welche in einer substanziellen Masse zur CO₂-Reduktion beitragen können, sollte sich dies auch in der Gewichtung der Förderung ausdrücken. Schon heute wird mit Erdwärmesonden in der Schweiz vielfach mehr an fossiler Energie substituiert als durch alle andern neuen Energieträger (Siehe Kasten 2). Global ist der CO₂-Anteil der Stromproduktion wesentlich höher als in der Schweiz. In diesem Rahmen ist es deshalb sinnvoll, auch CO₂-freie Stromproduktionstechniken zu fördern.

Wie wird Erdwärme gewonnen?

Grundsätzlich gibt es 3 verschiedene Methoden, mit denen in der Schweiz Erdwärme gewonnen werden kann:

- **Erdwärmesonden:** Erdwärmesonden sind geschlossene Rohrsysteme, die in Pfählen von einigen Metern oder Bohrungen bis zu einigen hundert Metern Tiefe in den Boden eingebracht werden. Das zirkulierende Wasser entzieht dem umgebenden Boden Wärme. Mit einer Wärmepumpe wird die Wärme dem Sondenkreislauf entzogen, auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und zur Beheizung von Gebäuden gebraucht.
- **Wärmeentzug aus Thermalwasser:** Unter günstigen geologischen Situationen können warme Tiefengrundwässer mit Bohrungen angezapft werden. Dem Wasser wird ebenfalls mit Wärmepumpen die Wärme entzogen und diese zum Heizen gebraucht. Das abgekühlte Wasser wird nach Möglichkeit mit einer weiteren Bohrung in den Grundwasserleiter zurückgeführt.
- **Hot-Dry-Rock-Verfahren:** In einer Tiefe von 4 bis 6 Kilometern herrschen Temperaturen von 150 bis über 200 Grad Celsius. Mit Tiefbohrungen wird kaltes Wasser in das Gestein gepresst. Weitere Bohrungen nehmen das durch künstlich erweiterte Klüfte gepresste Wasser wieder auf und befördern es an die Oberfläche. Auf diesem Temperaturniveau kann über einen Wärmetauscher und einen Sekundärkreislauf Strom produziert werden. Das abgekühlte Wasser wird im geschlossenen Kreislauf wiederum ins heisse Reservoir eingepresst.